

第二章

肉用牛遠隔監視システム及び ビニールハウス遠隔監視システムの 実証実験

1 IPv6 温度センサーによる温度計測の有効性

1.1 実験要求事項

IPv6 温度センサーによる測定データを送出すると共に、温度計による実測を行ない、IPv6 温度センサーと実測データの整合性を調査し、IPv6 温度センサーと実測値との差異は 0.5 以内であることを確認する。なお、IPv6 温度センサーは、屋外に設置されることから、外気温その他の誤差要因についても検証する。

1.2 実験仕様、手順

IPv6 温度センサーにより、IPv6 ネットワークを通して遠隔監視を行なうことにより、超小型 IPv6 モジュールの利用技術を検証する。

IPv6 温度センサーは、温度センサー部、IPv6 通信ブロック、無線 LAN 通信ブロック、電源ブロックから構成され、管理対象とする農畜産物に添付して流通させることが可能な体積容量 60cc 以下の超小型モジュール(温度センサーブロックを除く。)であり、今後の LSI チップ化を見据えたものである。

1.2.1 肉用牛遠隔監視システムでの実験手順

- (1) 図 2-1-1 に従いネットワーク環境を構築する。
- (2) 表 2-1-1 に従い各牛に、IPv6 温度センサーを装着する。
センサープローブ先端(温度計測部)は、牛の尾付け根内側に取り付ける。
- (3) 各センサーの電源を入れ、健康管理装置により定期的に温度データの収集を行う。

1.2.2 ビニールハウス遠隔監視システムでの実験手順

- (1) 図 2-1-2 に従いネットワーク環境を構築する。
- (2) 表 2-1-1 に従い各ビニールハウスに、IPv6 温度センサーを設置する。
設置場所は、ビニールハウスの中央付近とし、センサープローブ先端(温度計測部)の高さは、ビニールハウス内の作物の高さとする。
- (3) ビニールハウスのうち 1 ヶ所(新棟西)に温度計を設置し、定期的に温度の記録を取る。
- (4) 各センサーの電源を入れ、農作物管理装置により定期的に温度データの収集を行う。

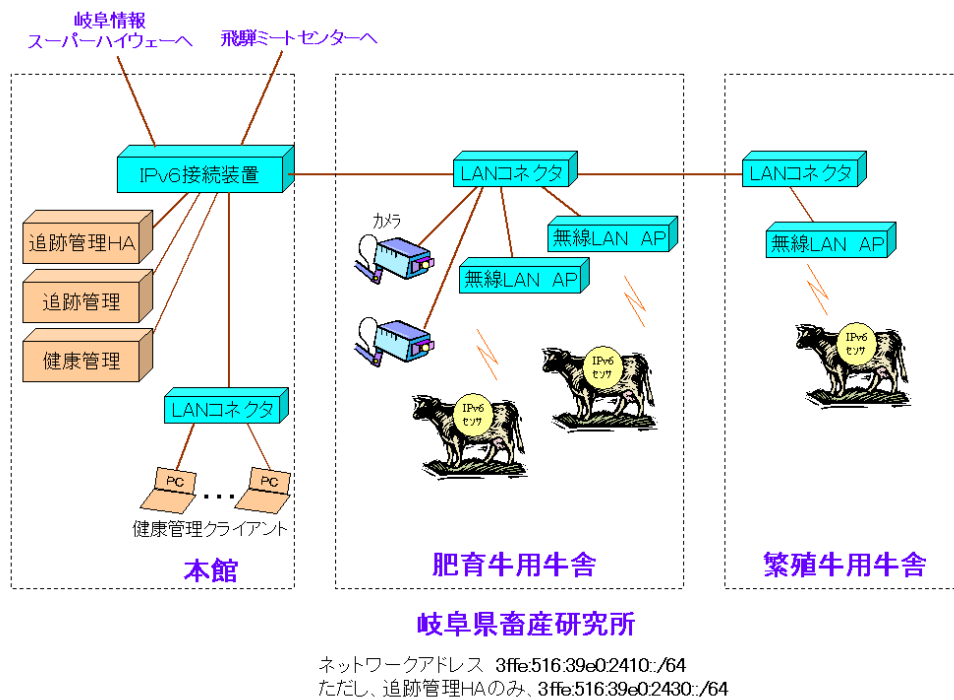
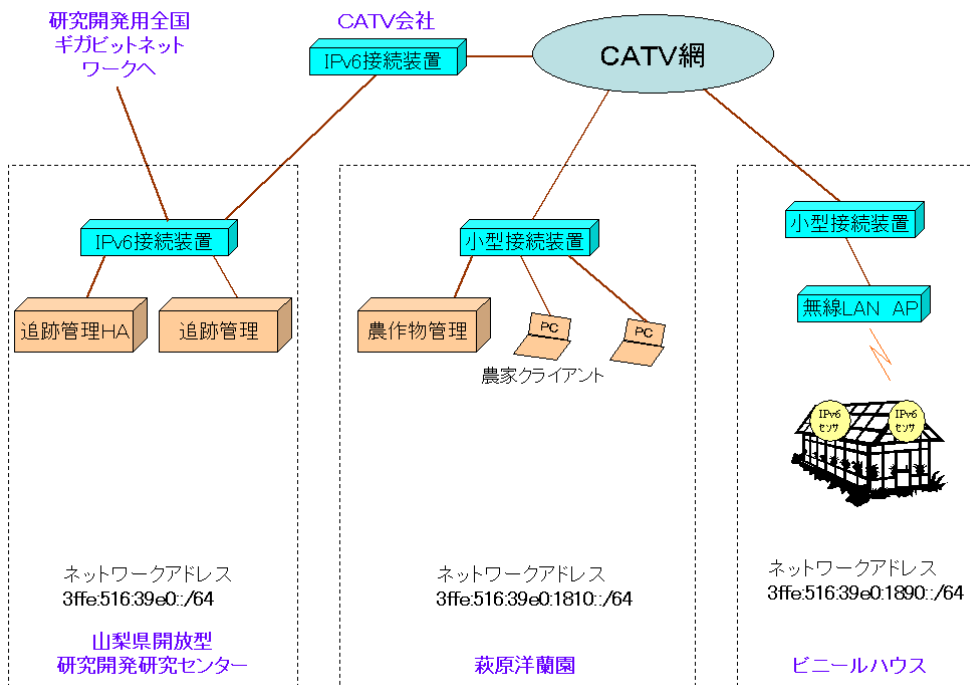


図 2-1-1 肉用牛遠隔監視システムネットワーク環境



2-1-2 ビニールハウス遠隔監視システムネットワーク環境

表 2-1-1 IPv6 温度センサーの設置場所と設定

センサー番号	用途	設置場所	MIPv6 HoA	IPsec鍵	SPI (MN out)	SPI (MN in)
0001	畜産	やす244の7	3ffe:516:39e0:2430:0022:00fa:09ae:e801	00000000000000000002200fa09aee801	0x10aee801	0x20aee801
0002	畜産	りゅう282の8	3ffe:516:39e0:2430:0022:00fa:09b6:a401	00000000000000000002200fa09b6a401	0x10b6a401	0x20b6a401
0003	畜産	白清114の4	3ffe:516:39e0:2430:0022:00fa:09c2:5401	00000000000000000002200fa09c25401	0x10c25401	0x20c25401
0004	畜産	白清82の5	3ffe:516:39e0:2430:0022:00fa:09c0:ac01	00000000000000000002200fa09c0ac01	0x10c0ac01	0x20c0ac01
0005	畜産	白清6の1	3ffe:516:39e0:2430:0022:00fa:09c2:3801	00000000000000000002200fa09c23801	0x10c23801	0x20c23801
0006	畜産	白波	3ffe:516:39e0:2430:0022:00fa:1c05:1401	00000000000000000002200fa1c051401	0x10051401	0x20051401
0007	畜産	久六	3ffe:516:39e0:2430:0022:00fa:1936:2c01	00000000000000000002200fa19362c01	0x10362c01	0x20362c01
0008	畜産予備		3ffe:516:390e:2430::2000:0008 (テスト用)			
0009	畜産予備		3ffe:516:390e:2430::2000:0009 (テスト用)			
0010	畜産予備		3ffe:516:390e:2430::2000:0010 (テスト用)			
0011	農家	新棟(西)(外側)	3ffe:516:39e0::1000:0011	なし		
0012	農家	新棟(西)	3ffe:516:39e0::1000:0012	なし		
0013	農家	新棟(東)	3ffe:516:39e0::1000:0013	なし		
0014	農家	アクリル	3ffe:516:39e0::1000:0014	なし		
0015	農家	リップハット	3ffe:516:39e0::1000:0015	なし		
0016	農家予備		3ffe:516:39e0::1000:0016 (テスト用)	なし		
0017	農家予備		3ffe:516:39e0::1000:0017 (テスト用)	なし		
0018	農家予備		3ffe:516:39e0::1000:0018 (テスト用)	なし		

1.3 実験実施環境

本実験では、IPv6 温度センサーを岐阜県畜産研究所の牛に装着し、育成期間中の体温を IPv6 温度センサーで計測し、無線 LAN を通じて、健康管理装置に送信する。また萩原洋欄園において、IPv6 温度センサーをビニールハウスに設置し、無線 LAN を通じて、農作物管理装置に送信する。

1.3.1 肉用牛遠隔監視システムでの実験手順

- (1) ネットワーク環境は図 2-1-1 による。
- (2) 牛舎のレイアウト及びアクセスポイントの設置地点を図 2-1-3・図 2-1-4 に示す。
- (3) 実験実施場所は岐阜県畜産研究所。

1.3.2 ビニールハウス遠隔監視システムでの実験実施環境

- (1) ネットワーク環境は図 2-1-2 による。
- (2) ビニールハウスのレイアウト、アクセスポイント及びセンサーの設置地点を図 2-1-5 に示す。
- (3) 実験実施場所は山梨県萩原洋欄園。

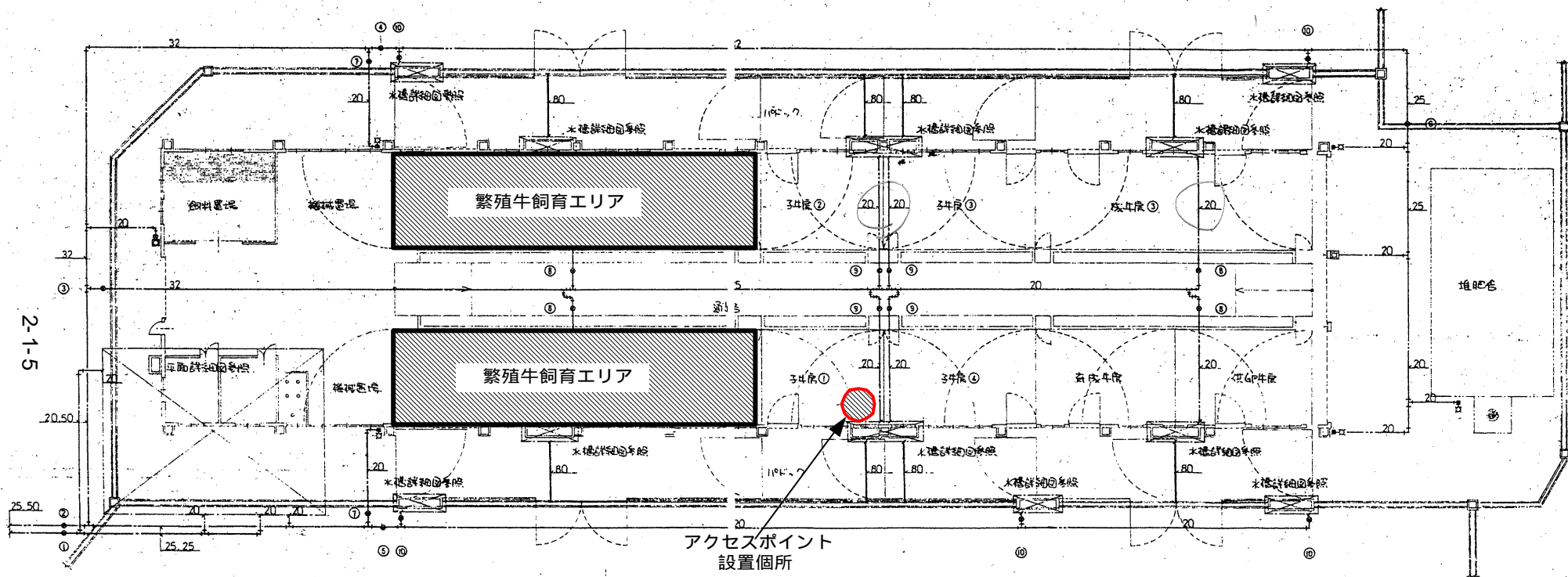


図 2-1-3 繁殖牛用牛舎 レイアウト図

【このページは、構成の都合上空白となっています】

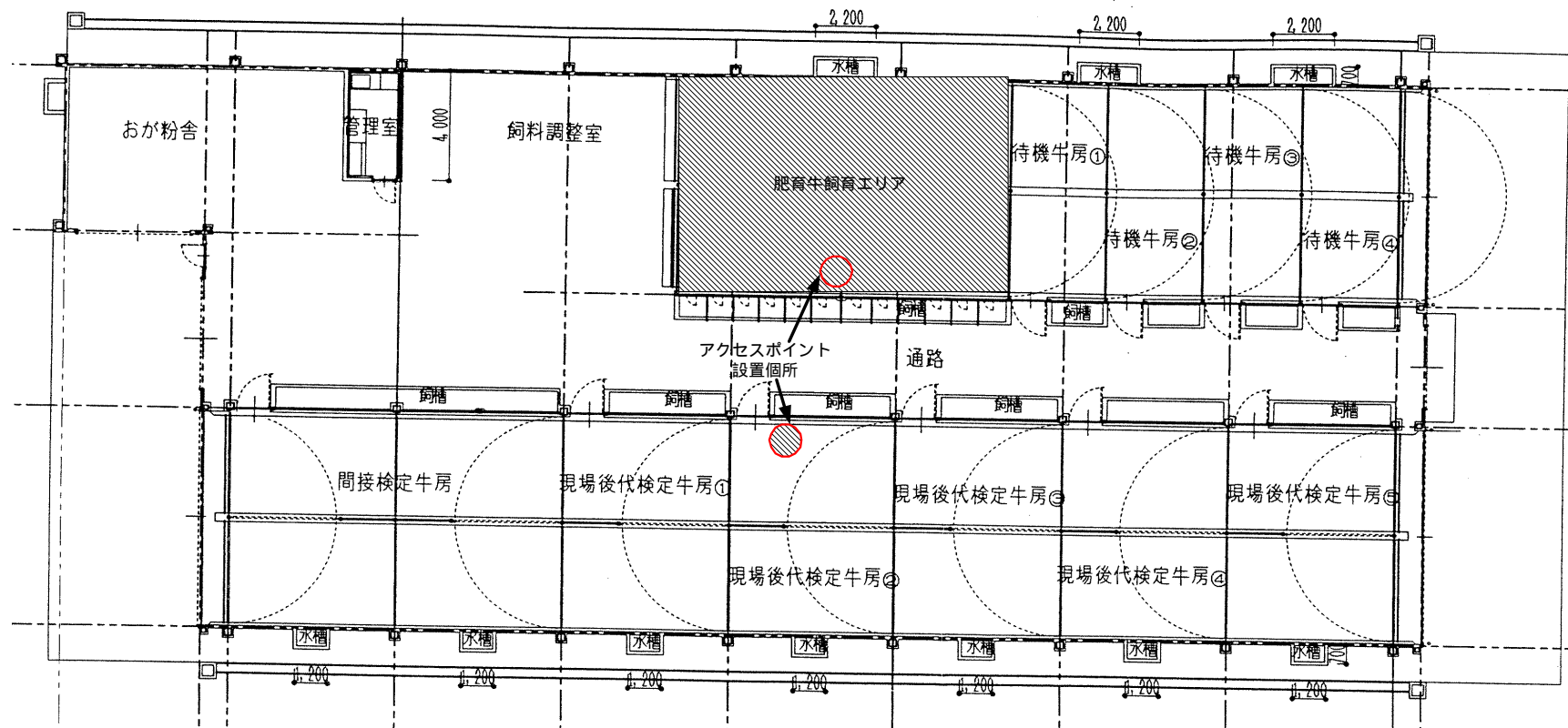
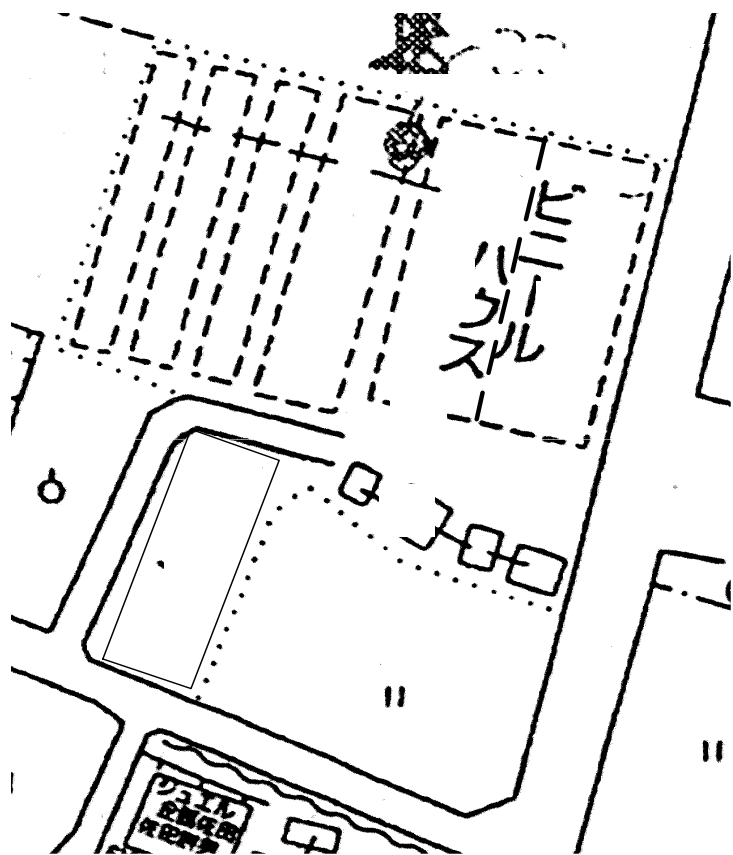


図 2-1-4 肥育牛用牛舎レイアウト図

【このページは、構成の都合上空白となっています】



- アクセスポイント
- センサ11 (新棟西 外側)
- センサ12 (新棟西)
- センサ13 (新棟東)
- センサ14 (アクリル)
- センサ15 (リップハット)

図 2-1-5 ビニールハウスレイアウト図



写真 2-1-1 牛舎（繁殖用牛舎）写真



写真 2-1-2 肥育牛用牛舎 アクセスポイント写真



写真 2-1-3 IPv6 温度センサー写真



写真 2-1-4 ビニールハウスアクセスポイント写真



写真 2-1-5 センサー 設置写真

1.4 実験実施結果

1.4.1 肉用牛遠隔監視システムでの実験結果

温度データの取得結果を表 2-1-2～表 2-1-8 に示す。

温度データのグラフを図 2-1-6～図 2-1-12 に示す。

1.4.2 ビニールハウス遠隔監視システムでの実験結果

温度データの取得結果を表 2-1-9～表 2-1-13 に示す。

温度データのグラフを図 2-1-13～図 2-1-17 に示す。

温度計の測定データと IPv6 温度センサーのデータを比較した表及びグラフを表 2-1-14 及び図 2-1-18 に示す。

表 2-1-2 センサー1 (繁殖牛やす 244 の 7) 測定結果

データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ
02/18 11:14	34.34	02/26 23:58	37.13	02/28 14:47	36.88		
02/18 11:27	37.57	02/27 01:01	36.88	02/28 15:00	37.08		
02/18 11:40	37.32	02/27 02:04	37.08	02/28 15:13	37.03		
02/18 11:53	37.13	02/27 03:07	36.54	02/28 15:26	37.13		
02/18 12:06	37.08	02/27 04:10	36.39				
02/18 13:09	35.46	02/27 05:13	36.05				
02/18 14:12	35.90	02/27 06:16	36.10				
02/18 15:15	36.73	02/27 07:19	35.66				
02/18 16:18	37.47	02/27 08:22	35.27				
02/18 17:21	37.37	02/27 09:25	37.22				
02/18 18:24	37.37	02/27 10:28	37.47				
02/19 00:27	35.76	02/27 11:31	37.13				
02/19 06:30	34.00	02/27 12:34	35.42				
02/19 12:45	36.49	02/27 13:37	35.86				
02/19 18:48	36.98	02/27 14:40	36.73				
02/20 00:51	35.37	02/27 15:43	36.44				
02/20 06:54	35.07	02/27 16:46	37.42				
02/20 12:57	36.20	02/27 17:49	37.37				
02/20 19:00	37.22	02/27 18:52	36.64				
02/21 01:03	36.59	02/27 19:01	36.73				
02/21 07:06	35.46	02/27 20:03	37.08				
02/21 13:09	36.73	02/27 21:06	36.83				
02/21 19:12	37.17	02/27 22:09	37.08				
02/22 01:15	36.20	02/27 23:12	37.13				
02/22 07:18	35.56	02/28 00:15	36.98				
02/22 13:21	36.54	02/28 01:18	36.93				
02/22 19:24	36.69	02/28 02:21	36.88				
02/26 10:09	34.98	02/28 03:24	36.25				
02/26 10:21	36.93	02/28 04:27	35.61				
02/26 10:34	36.78	02/28 05:30	35.86				
02/26 10:47	36.39	02/28 06:34	35.56				
02/26 11:00	36.39	02/28 07:37	35.95				
02/26 11:13	36.44	02/28 08:40	34.14				
02/26 11:26	36.44	02/28 09:43	36.44				
02/26 12:29	34.63	02/28 10:30	36.98				
02/26 13:32	35.27	02/28 10:43	37.08				
02/26 14:35	36.00	02/28 10:56	37.08				
02/26 15:38	36.59	02/28 11:09	36.98				
02/26 16:41	37.66	02/28 11:22	36.59				
02/26 17:44	37.42	02/28 11:35	36.15				
02/26 17:57	37.47	02/28 11:48	35.95				
02/26 18:04	37.47	02/28 12:01	35.61				
02/26 18:17	37.37	02/28 12:14	35.76				
02/26 18:30	37.13	02/28 13:17	36.25				
02/26 18:43	36.88	02/28 13:42	36.88				
02/26 19:46	37.22	02/28 13:55	36.59				
02/26 20:49	37.17	02/28 14:08	36.54				
02/26 21:52	37.13	02/28 14:21	36.78				
02/26 22:55	37.17	02/28 14:34	36.98				

表 2-1-3 センサ-2 (繁殖牛りゅう 282 の 8) 測定結果

データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ
02/18 11:47	37.08	02/26 18:22	36.25	02/28 11:48	35.66		
02/18 11:59	37.76	02/26 18:35	36.88	02/28 12:01	35.46		
02/18 12:12	36.39	02/26 18:48	36.78	02/28 12:14	35.37		
02/18 13:15	36.49	02/26 18:52	36.59	02/28 13:17	35.46		
02/18 14:18	36.30	02/26 19:55	36.34	02/28 13:42	34.78		
02/18 15:21	36.44	02/26 20:58	36.78	02/28 13:54	34.73		
02/18 16:24	36.69	02/26 22:01	36.49	02/28 14:07	34.68		
02/18 17:27	37.03	02/26 23:04	34.83	02/28 14:20	34.63		
02/18 18:30	37.52	02/27 00:07	35.46	02/28 14:33	34.78		
02/19 00:01	34.14	02/27 01:10	34.39	02/28 14:46	34.68		
02/19 06:04	34.83	02/27 02:13	33.41	02/28 14:59	34.54		
02/19 12:07	36.98	02/27 03:16	34.63	02/28 15:12	34.54		
02/19 18:10	37.08	02/27 04:19	32.92	02/28 15:25	34.63		
02/20 00:13	36.00	02/27 05:22	32.34				
02/20 06:16	30.87	02/27 06:25	32.78				
02/20 12:19	36.59	02/27 07:28	31.75				
02/20 18:22	37.03	02/27 08:31	32.92				
02/21 00:02	35.66	02/27 09:34	34.44				
02/21 06:05	35.56	02/27 10:37	35.42				
02/21 12:08	36.78	02/27 11:40	35.37				
02/21 18:11	37.22	02/27 12:43	36.34				
02/22 00:14	35.42	02/27 13:46	36.20				
02/22 06:17	34.14	02/27 14:49	36.25				
02/22 12:20	36.25	02/27 15:52	36.69				
02/22 18:23	36.88	02/27 16:55	36.78				
02/24 00:02	35.76	02/27 17:58	36.93				
02/24 06:05	33.61	02/27 19:01	36.05				
02/24 12:08	36.05	02/27 19:04	36.15				
02/24 18:11	36.93	02/27 20:07	36.44				
02/25 00:14	36.20	02/27 21:10	36.25				
02/25 06:17	33.75	02/27 22:13	35.95				
02/25 12:20	36.30	02/27 23:16	36.73				
02/25 18:23	36.25	02/28 00:02	35.90				
02/26 00:02	36.69	02/28 01:05	35.17				
02/26 06:05	35.81	02/28 02:08	28.67				
02/26 10:29	34.14	02/28 03:11	27.20				
02/26 10:42	36.64	02/28 04:14	15.96				
02/26 10:55	36.78	02/28 05:17	16.99				
02/26 11:08	36.54	02/28 06:20	16.21				
02/26 11:21	36.05	02/28 07:23	12.35				
02/26 12:24	35.71	02/28 08:26	23.54				
02/26 13:27	34.63	02/28 09:29	24.66				
02/26 14:30	35.71	02/28 10:17	30.92				
02/26 15:33	36.25	02/28 10:30	33.07				
02/26 16:36	36.59	02/28 10:43	34.83				
02/26 17:39	36.69	02/28 10:56	35.71				
02/26 17:52	36.78	02/28 11:09	36.34				
02/26 18:05	37.13	02/28 11:22	36.05				
02/26 18:18	34.39	02/28 11:35	35.86				

表 2-1-4 センサー3 (肥育牛白清 114 の 4) 測定結果

データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ
02/26 10:48	31.02	02/27 16:39	36.88				
02/26 11:01	34.98	02/27 16:52	37.03				
02/26 11:14	36.00	02/27 17:05	36.83				
02/26 11:27	36.59	02/27 23:08	27.20				
02/26 11:40	36.93	02/28 05:11	34.78				
02/26 11:53	37.27	02/28 11:14	34.29				
02/26 12:06	36.59	02/28 12:17	36.49				
02/26 13:09	36.64	02/28 13:20	33.51				
02/26 14:12	37.32	02/28 13:42	34.58				
02/26 15:15	36.78	02/28 13:54	35.81				
02/26 16:18	36.78	02/28 14:07	36.83				
02/26 17:21	37.22	02/28 14:20	36.83				
02/26 17:34	37.57	02/28 14:33	36.78				
02/26 17:39	34.88	02/28 14:46	36.39				
02/26 17:52	37.08	02/28 14:59	32.97				
02/26 18:05	36.54	02/28 15:12	33.75				
02/26 18:18	37.47	02/28 15:25	36.15				
02/26 18:31	37.52	02/28 15:27	22.12				
02/26 19:34	36.39						
02/26 20:37	29.21						
02/26 21:40	22.66						
02/26 22:43	36.49						
02/26 23:46	34.49						
02/27 00:49	35.12						
02/27 01:52	37.42						
02/27 02:55	33.12						
02/27 03:58	27.79						
02/27 05:01	28.13						
02/27 06:04	33.90						
02/27 07:07	34.58						
02/27 08:10	33.75						
02/27 09:13	31.65						
02/27 10:16	33.66						
02/27 11:19	34.44						
02/27 12:22	35.37						
02/27 13:25	37.08						
02/27 13:38	34.19						
02/27 13:51	35.51						
02/27 14:04	34.68						
02/27 14:17	36.00						
02/27 14:53	35.42						
02/27 15:06	37.13						
02/27 15:19	37.42						
02/27 15:32	37.17						
02/27 15:45	37.13						
02/27 15:58	37.13						
02/27 16:11	37.08						
02/27 16:13	36.69						
02/27 16:26	36.73						

表 2-1-5 センサー4 (肥育牛白清 82 の 5) 測定結果

データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ
02/26 11:19	17.72	02/27 15:37	37.71				
02/26 11:36	37.71	02/27 15:50	37.57				
02/26 11:48	37.47	02/27 15:55	37.71				
02/26 12:00	37.66	02/27 15:58	37.71				
02/26 13:00	38.15	02/27 16:11	37.71				
02/26 14:01	38.30	02/27 16:23	37.61				
02/26 15:02	37.76	02/27 16:29	37.47				
02/26 16:02	38.15	02/27 16:32	37.47				
02/26 17:03	38.45	02/27 16:44	37.42				
02/26 17:14	38.54	02/27 16:56	37.27				
02/26 17:26	38.59	02/27 17:09	36.25				
02/26 17:31	38.69	02/27 17:12	36.83				
02/26 17:44	38.64	02/27 17:15	37.03				
02/26 17:56	38.40	02/27 17:27	37.32				
02/26 18:09	38.45	02/27 17:39	37.37				
02/26 18:22	38.15	02/27 17:43	37.37				
02/26 18:35	37.17	02/27 17:44	37.37				
02/26 19:36	37.42	02/27 17:45	37.32				
02/26 20:38	35.27	02/27 17:47	36.30				
02/26 21:39	28.23	02/27 17:52	37.13				
02/26 22:41	35.32	02/27 17:54	37.17				
02/26 23:42	36.44	02/27 18:06	36.00				
02/27 00:44	35.71	02/27 18:18	36.98				
02/27 01:45	33.66	02/27 18:21	36.49				
02/27 02:47	35.66	02/27 18:32	35.81				
02/27 03:48	32.58	02/27 18:44	36.98				
02/27 04:50	32.09	02/27 18:56	37.03				
02/27 05:51	27.89	02/27 19:07	36.83				
02/27 06:53	34.58	02/27 19:12	36.54				
02/27 07:54	36.83	02/27 19:14	36.39				
02/27 08:56	37.42	02/27 19:26	36.10				
02/27 09:58	35.56	02/28 01:20	31.31				
02/27 10:59	29.65	02/28 07:15	33.70				
02/27 12:01	34.00	02/28 13:09	36.44				
02/27 12:13	35.66	02/28 13:12	36.88				
02/27 12:26	35.51	02/28 13:24	37.32				
02/27 12:33	34.78	02/28 13:37	37.57				
02/27 12:45	34.88	02/28 13:42	37.61				
02/27 12:58	34.05	02/28 13:53	37.42				
02/27 13:11	28.38	02/28 14:05	38.10				
02/27 13:24	30.97	02/28 14:17	38.40				
02/27 13:36	32.92	02/28 14:29	38.30				
02/27 13:49	35.56	02/28 14:40	38.54				
02/27 14:02	36.64	02/28 14:52	38.69				
02/27 14:14	36.93	02/28 15:04	38.84				
02/27 14:47	36.78	02/28 15:15	38.15				
02/27 14:59	37.42	02/28 15:27	35.27				
02/27 15:12	37.17						
02/27 15:25	37.66						

表 2-1-6 センサー5 (肥育牛白清6の1) 測定結果

データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ
02/26 10:58	34.78	02/27 23:08	34.58				
02/26 11:11	36.83	02/28 05:11	32.78				
02/26 11:24	35.27	02/28 11:14	33.26				
02/26 11:37	30.14	02/28 12:17	33.66				
02/26 11:50	37.86	02/28 13:20	33.85				
02/26 12:03	37.42	02/28 13:42	31.95				
02/26 13:06	35.42	02/28 13:55	35.51				
02/26 14:09	34.34	02/28 14:08	35.86				
02/26 15:12	35.07	02/28 14:21	36.00				
02/26 16:15	36.34	02/28 14:34	35.86				
02/26 17:18	34.73	02/28 14:47	35.66				
02/26 17:31	32.34	02/28 15:00	35.81				
02/26 17:44	35.61	02/28 15:13	35.95				
02/26 17:51	35.37	02/28 15:26	35.07				
02/26 18:04	33.41						
02/26 18:17	33.70						
02/26 18:30	34.49						
02/26 19:33	32.58						
02/26 20:36	34.73						
02/26 21:39	34.78						
02/26 22:42	35.56						
02/26 23:45	32.39						
02/27 00:48	33.22						
02/27 01:51	33.61						
02/27 02:54	33.22						
02/27 03:57	34.00						
02/27 05:00	26.03						
02/27 06:03	29.35						
02/27 07:06	31.46						
02/27 08:09	35.76						
02/27 09:12	35.51						
02/27 10:15	35.51						
02/27 11:18	34.34						
02/27 12:21	34.83						
02/27 13:24	33.61						
02/27 13:37	33.02						
02/27 13:50	34.10						
02/27 14:03	35.51						
02/27 14:16	35.37						
02/27 15:09	37.27						
02/27 15:23	37.96						
02/27 15:36	37.42						
02/27 15:49	37.32						
02/27 16:02	34.78						
02/27 16:13	35.61						
02/27 16:26	35.90						
02/27 16:39	34.93						
02/27 16:52	35.90						
02/27 17:05	36.25						

表 2-1-7 センサー6 (肥育牛白波) 測定結果

データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ
02/26 11:43	36.20	02/28 11:14	37.22				
02/26 11:56	38.25	02/28 12:17	37.22				
02/26 12:09	38.45	02/28 13:20	37.32				
02/26 12:22	38.40	02/28 13:33	35.61				
02/26 13:25	38.05	02/28 13:42	36.88				
02/26 14:28	38.10	02/28 13:54	37.03				
02/26 15:31	37.61	02/28 14:07	37.47				
02/26 16:34	37.86	02/28 14:20	37.66				
02/26 17:37	38.15	02/28 14:33	37.76				
02/26 17:50	35.37	02/28 14:46	37.66				
02/26 17:56	37.71	02/28 14:59	37.03				
02/26 18:09	37.81	02/28 15:12	37.27				
02/26 18:22	37.27	02/28 15:25	37.57				
02/26 18:35	37.61						
02/26 19:38	37.37						
02/26 20:41	37.27						
02/26 21:44	37.91						
02/26 22:47	37.42						
02/26 23:50	37.17						
02/27 00:53	36.00						
02/27 01:56	37.61						
02/27 02:59	35.86						
02/27 04:02	36.34						
02/27 05:05	35.42						
02/27 06:08	36.69						
02/27 07:11	36.64						
02/27 08:14	36.30						
02/27 09:17	36.44						
02/27 10:20	37.27						
02/27 11:23	37.42						
02/27 12:26	37.27						
02/27 13:29	37.37						
02/27 13:42	36.54						
02/27 13:55	36.98						
02/27 14:08	37.71						
02/27 14:21	38.15						
02/27 15:04	38.89						
02/27 15:17	38.89						
02/27 15:30	38.64						
02/27 15:43	38.49						
02/27 15:56	38.30						
02/27 16:09	38.05						
02/27 16:13	38.20						
02/27 16:26	38.15						
02/27 16:39	38.05						
02/27 16:52	38.01						
02/27 17:05	37.96						
02/27 23:08	38.20						
02/28 05:11	37.37						

表 2-1-8 センサー7 (肥育牛久六) 測定結果

データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ
02/26 10:56	37.27	02/27 13:05	36.05				
02/26 11:09	37.61	02/27 13:18	35.81				
02/26 11:22	37.66	02/27 13:31	35.86				
02/26 11:35	37.32	02/27 13:44	35.81				
02/26 11:48	37.52	02/27 13:57	36.15				
02/26 12:01	37.61	02/27 14:10	38.05				
02/26 13:04	37.17	02/27 14:58	38.20				
02/26 14:07	37.47	02/27 15:10	38.59				
02/26 15:10	35.27	02/27 15:23	38.79				
02/26 16:13	36.93	02/27 15:36	38.84				
02/26 17:16	36.78	02/27 15:49	38.59				
02/26 17:22	36.49	02/27 16:02	38.49				
02/26 17:35	37.37	02/27 16:13	38.54				
02/26 17:48	37.86	02/27 16:25	38.35				
02/26 18:01	33.31	02/27 16:38	35.12				
02/26 18:14	34.93	02/27 16:51	36.88				
02/26 18:27	30.53	02/27 17:04	37.66				
02/26 19:30	35.61	02/27 23:07	35.07				
02/26 20:33	35.95	02/28 05:10	32.53				
02/26 21:36	35.32	02/28 11:13	36.49				
02/26 22:39	34.44	02/28 12:16	36.64				
02/26 23:42	34.39	02/28 13:19	35.51				
02/27 00:45	35.12	02/28 13:42	35.27				
02/27 01:48	35.12	02/28 13:54	35.81				
02/27 02:51	33.22	02/28 14:07	36.30				
02/27 03:54	34.54	02/28 14:20	36.00				
02/27 04:57	33.95	02/28 14:33	35.71				
02/27 06:00	32.39	02/28 14:46	35.66				
02/27 07:03	31.16	02/28 14:59	35.32				
02/27 08:06	33.07	02/28 15:12	35.66				
02/27 09:09	36.98	02/28 15:25	36.05				
02/27 10:12	38.64						
02/27 10:20	38.93						
02/27 10:33	39.03						
02/27 10:46	37.76						
02/27 10:59	38.30						
02/27 11:12	38.45						
02/27 11:22	38.01						
02/27 11:34	38.54						
02/27 11:42	37.32						
02/27 11:49	37.61						
02/27 11:50	37.66						
02/27 11:54	37.71						
02/27 11:59	37.61						
02/27 12:11	37.32						
02/27 12:24	36.93						
02/27 12:37	35.90						
02/27 12:40	35.95						
02/27 12:52	35.95						

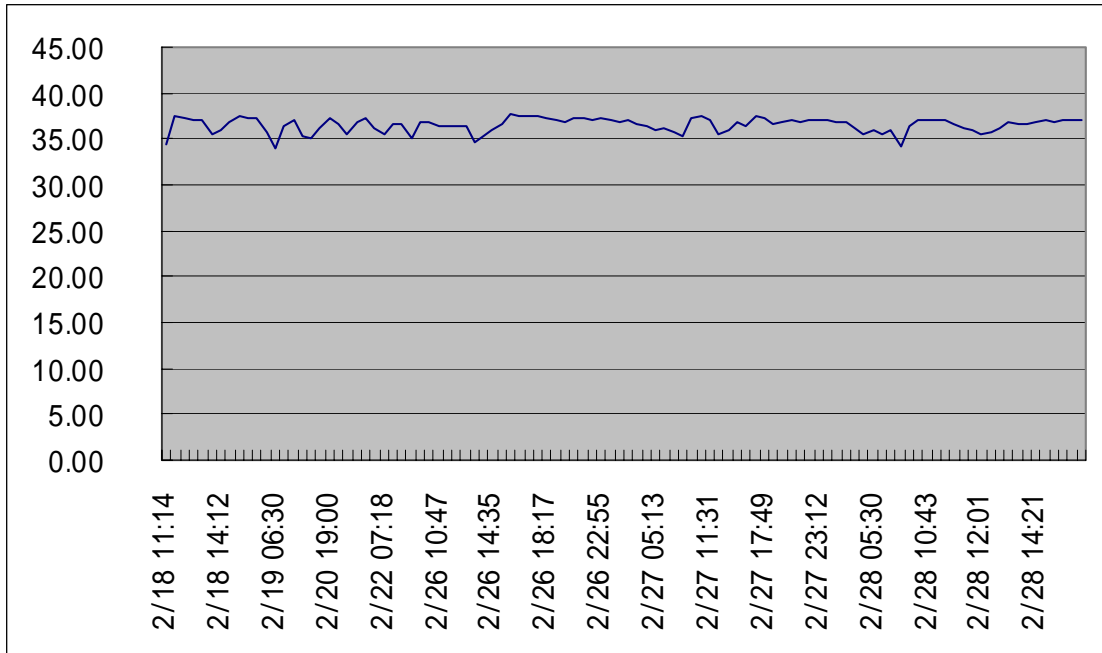


図 2-1-6 センサー1 (繁殖牛やす 244 の 7) 測定グラフ

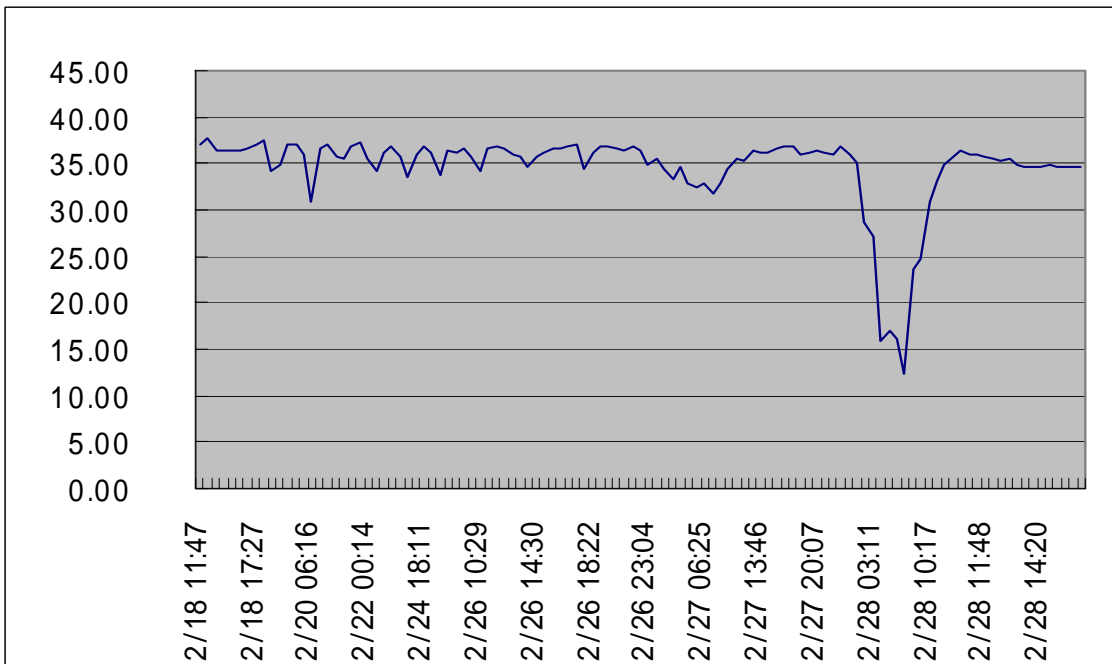


図 2-1-7 センサー2 (繁殖牛りゅう 282 の 8) 測定グラフ

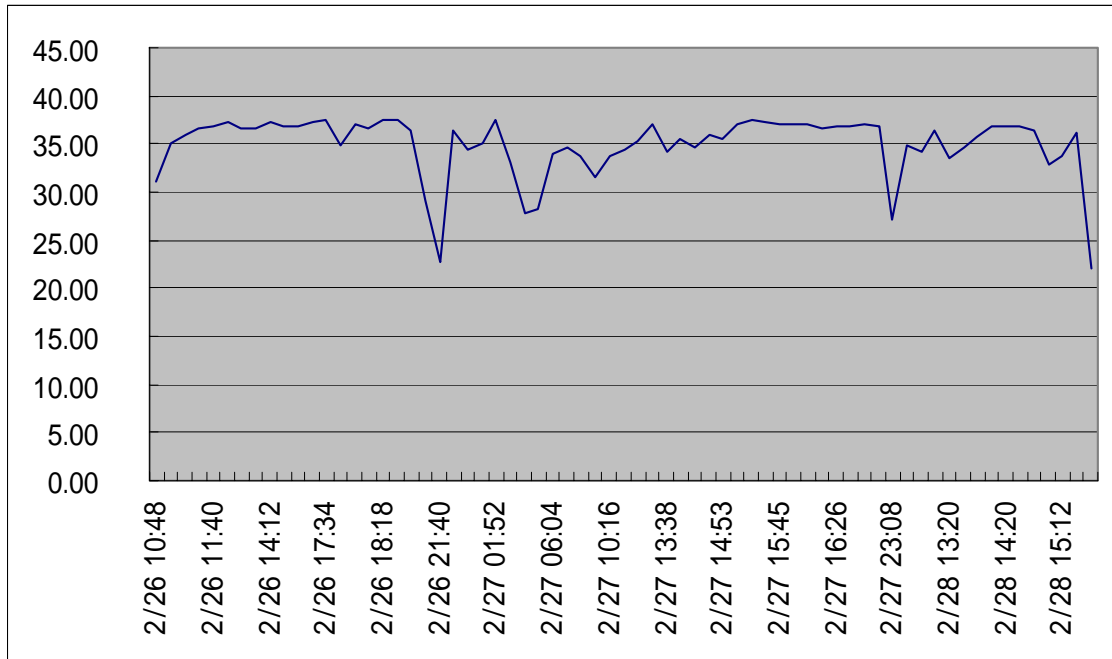


図 2-1-8 センサー3 (肥育牛白清 114 の6) 測定グラフ

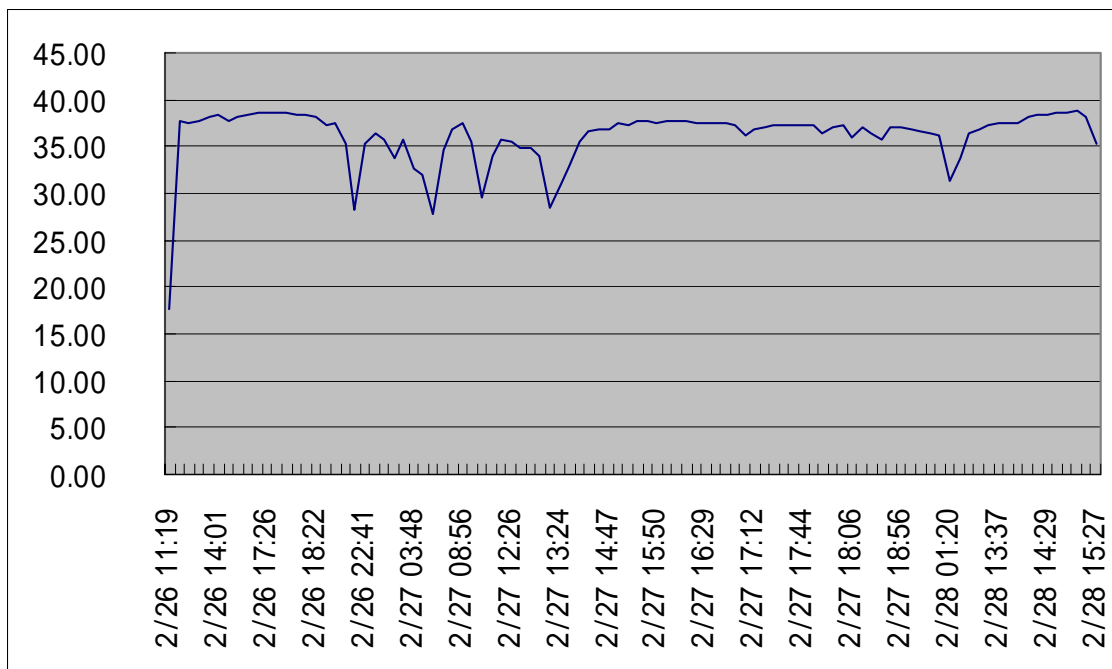


図 2-1-9 センサー4 (肥育牛白清 82 の5) 測定グラフ

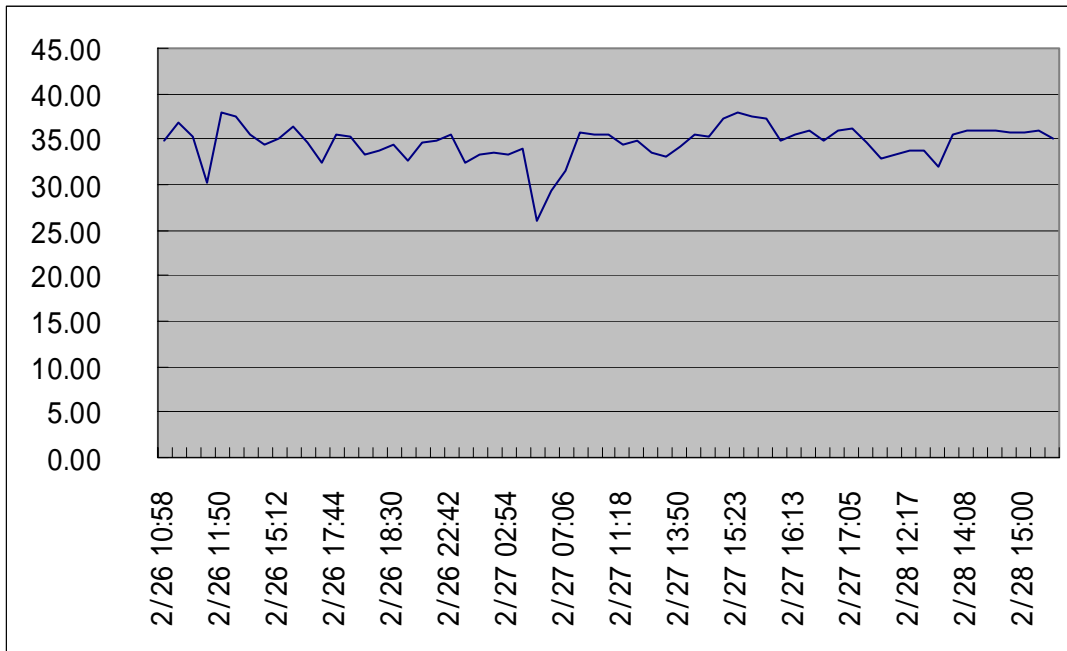


図 2-1-10 センサー5 (肥育牛白清6の1) 測定グラフ

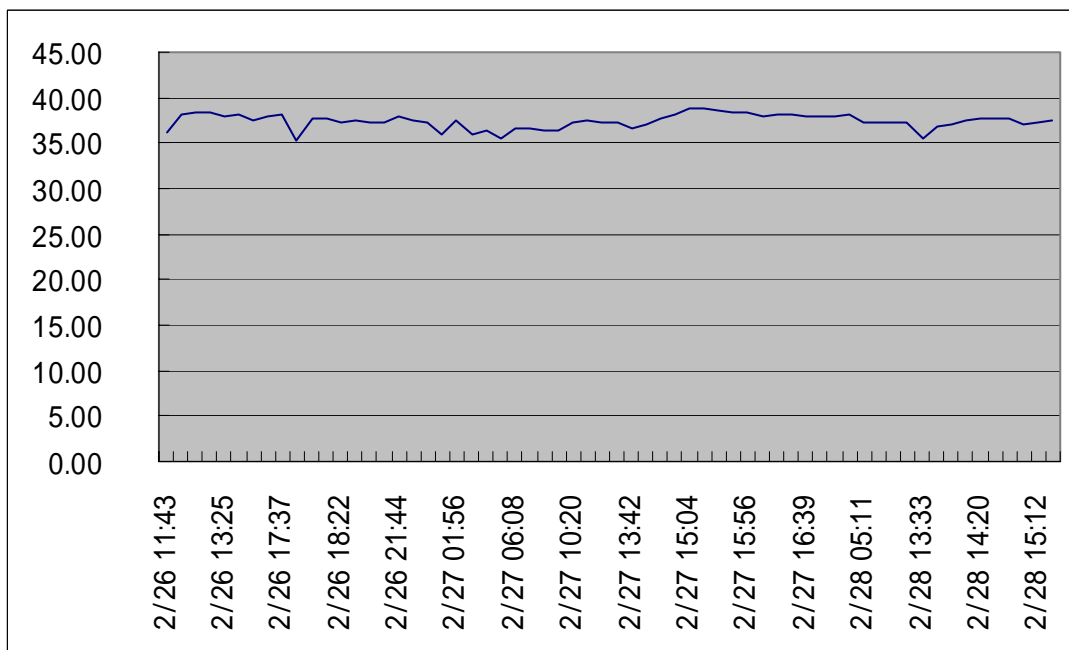


図 2-1-11 センサー6 (肥育牛白波) 測定グラフ

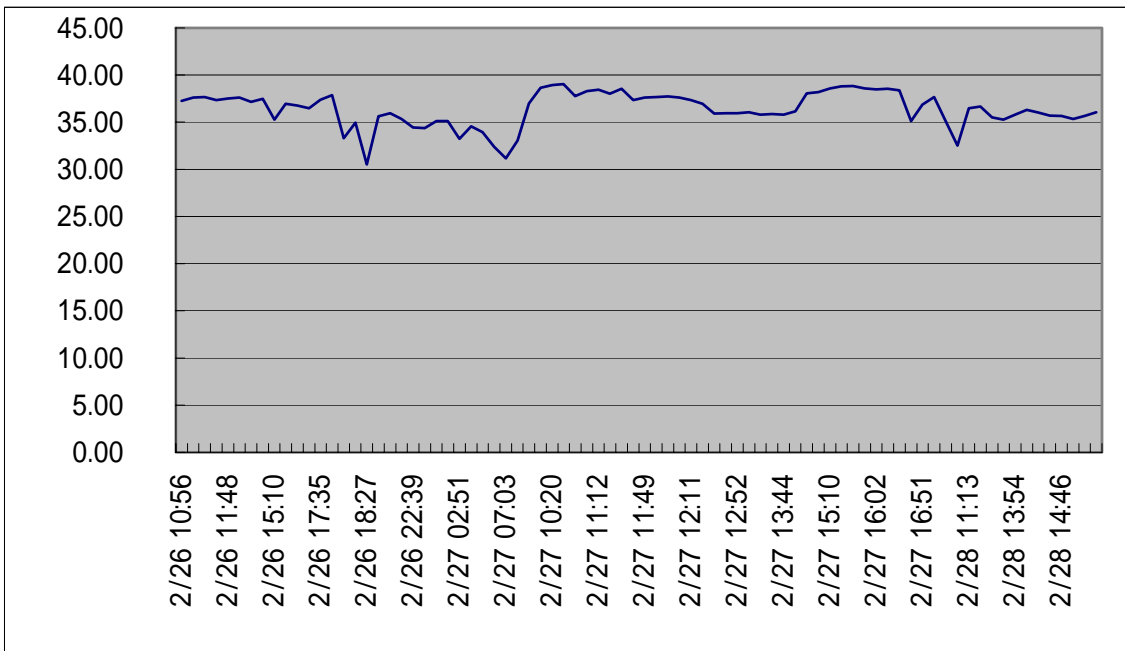


図 2-1-12 センサー7 (肥育牛久六) 測定グラフ

表 2-1-9 センサー11 (ビニールハウス新棟西 外側) 測定結果

データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ
02/23 18:29	10.93	02/25 11:35	34.14	02/27 13:30	33.31		
02/23 18:41	10.44	02/25 12:37	31.80	02/27 14:32	31.75		
02/23 18:58	11.08	02/25 13:39	32.29	02/27 15:34	28.13		
02/23 19:02	10.54	02/25 14:41	34.58	02/27 16:36	21.24		
02/23 19:05	10.88	02/25 15:43	32.82	02/27 17:04	16.45		
02/23 19:08	10.88	02/25 16:45	21.83	02/27 18:06	8.44		
02/23 19:21	11.22	02/25 17:04	17.48	02/27 19:08	6.43		
02/23 20:23	10.68	02/25 18:06	9.22	02/27 20:10	5.89		
02/23 21:25	10.78	02/25 19:08	8.44	02/27 21:12	5.70		
02/23 22:27	10.39	02/25 20:10	7.26	02/27 22:14	5.31		
02/23 23:29	9.27	02/25 21:12	7.31	02/27 23:16	4.82		
02/24 00:31	9.22	02/25 22:14	6.29	02/28 00:18	4.28		
02/24 01:33	9.22	02/25 23:16	6.53	02/28 01:20	3.01		
02/24 02:35	8.34	02/26 00:18	6.73	02/28 02:22	2.96		
02/24 03:37	8.00	02/26 01:20	6.33	02/28 03:24	2.52		
02/24 04:39	8.58	02/26 02:22	7.56	02/28 04:26	2.03		
02/24 05:41	8.04	02/26 03:24	6.92	02/28 05:28	1.74		
02/24 06:43	8.09	02/26 04:26	6.63	02/28 06:30	1.59		
02/24 07:45	6.97	02/26 05:28	6.19	02/28 07:32	10.68		
02/24 08:47	8.63	02/26 06:30	4.53	02/28 08:34	24.22		
02/24 09:49	7.70	02/26 07:32	12.15	02/28 09:36	27.60		
02/24 10:51	9.32	02/26 08:34	23.20	02/28 10:38	33.75		
02/24 11:53	10.73	02/26 09:36	31.60	02/28 11:40	38.35		
02/24 12:55	11.08	02/26 10:38	32.58	02/28 12:42	35.46		
02/24 13:57	11.32	02/26 11:40	38.30	02/28 13:44	38.98		
02/24 14:06	11.66	02/26 12:42	38.45	02/28 14:46	38.25		
02/24 14:19	10.88	02/26 13:44	34.78	02/28 14:48	39.91		
02/24 14:31	10.54	02/26 14:46	38.45	02/28 15:51	37.32		
02/24 14:43	11.42	02/26 15:48	23.49	02/28 16:53	23.59		
02/24 14:55	11.12	02/26 16:50	16.35	02/28 17:55	9.51		
02/24 15:57	8.53	02/26 17:52	13.08	02/28 18:57	8.19		
02/24 16:59	8.78	02/26 18:54	11.42	02/28 19:59	8.97		
02/24 18:01	6.82	02/26 19:56	9.17	02/28 21:01	7.46		
02/24 19:03	6.63	02/26 20:58	8.44	02/28 22:03	6.53		
02/24 20:05	6.53	02/26 22:00	7.56	02/28 23:05	5.89		
02/24 21:07	6.53	02/26 23:02	7.21	03/01 00:07	6.04		
02/24 22:09	5.65	02/27 00:04	6.97	03/01 01:09	5.26		
02/24 23:11	5.36	02/27 01:06	6.33	03/01 02:11	3.89		
02/25 00:13	4.82	02/27 02:08	7.26	03/01 03:13	4.62		
02/25 01:15	4.92	02/27 03:10	8.53	03/01 04:15	4.33		
02/25 02:17	4.67	02/27 04:12	8.24				
02/25 03:19	4.18	02/27 05:14	7.26				
02/25 04:21	4.09	02/27 06:16	6.53				
02/25 05:23	4.09	02/27 07:18	13.91				
02/25 06:25	3.60	02/27 08:20	24.76				
02/25 07:27	7.31	02/27 09:22	29.94				
02/25 08:29	17.43	02/27 10:24	30.63				
02/25 09:31	29.11	02/27 11:26	30.63				
02/25 10:33	34.58	02/27 12:28	29.26				

表 2-1-10 センサー12 (ビニールハウス新棟西) 測定結果

データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ
02/23 10:31	12.15	02/24 17:00	15.86	02/26 20:27	16.79	02/28 22:52	18.75
02/23 10:37	11.91	02/24 18:03	16.74	02/26 21:30	15.47	02/28 23:55	17.92
02/23 12:58	10.64	02/24 19:06	16.26	02/26 22:33	16.45	03/01 00:58	19.14
02/23 13:30	11.52	02/24 20:09	16.16	02/26 23:36	18.50	03/01 02:01	17.09
02/23 18:06	7.60	02/24 21:12	14.84	02/27 00:39	19.29	03/01 03:04	15.13
02/23 18:07	7.85	02/24 22:15	19.24	02/27 01:42	19.19		
02/23 18:08	7.85	02/24 23:18	16.11	02/27 02:45	19.19		
02/23 18:20	7.60	02/25 00:21	15.72	02/27 03:48	16.16		
02/23 18:32	16.84	02/25 01:24	18.41	02/27 04:51	15.67		
02/23 18:44	16.06	02/25 02:27	14.64	02/27 05:54	16.40		
02/23 19:12	19.19	02/25 03:30	18.99	02/27 06:57	19.34		
02/23 19:25	16.30	02/25 04:33	14.79	02/27 08:00	17.77		
02/23 19:28	16.16	02/25 05:36	19.04	02/27 09:03	27.01		
02/23 19:31	15.96	02/25 06:39	15.47	02/27 10:06	29.11		
02/23 19:34	15.77	02/25 07:42	16.70	02/27 11:09	30.77		
02/23 19:38	15.67	02/25 08:45	24.47	02/27 12:12	29.84		
02/23 20:40	17.58	02/25 09:48	29.45	02/27 13:15	31.16		
02/23 21:42	15.52	02/25 10:51	27.11	02/27 14:18	28.04		
02/23 22:44	16.26	02/25 11:54	29.26	02/27 15:21	27.69		
02/23 23:46	19.24	02/25 12:57	26.32	02/27 16:24	21.83		
02/24 00:48	18.60	02/25 14:00	33.22	02/27 17:27	17.72		
02/24 01:50	15.43	02/25 15:03	30.63	02/27 18:30	16.65		
02/24 02:52	15.52	02/25 16:06	26.28	02/27 19:33	15.52		
02/24 03:54	15.96	02/25 17:09	18.60	02/27 20:36	15.18		
02/24 04:56	16.60	02/25 18:12	15.86	02/27 21:39	16.40		
02/24 05:58	17.53	02/25 19:15	15.62	02/27 22:42	19.24		
02/24 07:00	17.92	02/25 20:18	16.84	02/27 23:45	16.65		
02/24 08:02	19.97	02/25 21:21	17.28	02/28 00:48	14.89		
02/24 09:04	19.38	02/25 22:24	17.04	02/28 01:51	18.85		
02/24 10:06	20.26	02/25 23:27	16.89	02/28 02:54	15.96		
02/24 10:08	10.73	02/26 00:30	15.28	02/28 03:57	16.84		
02/24 10:14	12.10	02/26 01:33	15.86	02/28 05:00	16.60		
02/24 10:19	14.01	02/26 02:36	19.48	02/28 06:03	15.82		
02/24 10:26	13.81	02/26 03:39	17.72	02/28 07:06	18.90		
02/24 10:29	13.86	02/26 04:42	15.13	02/28 08:09	18.65		
02/24 10:33	13.71	02/26 05:45	18.31	02/28 09:12	29.01		
02/24 10:37	12.49	02/26 06:48	16.26	02/28 10:15	32.73		
02/24 10:41	11.08	02/26 07:51	17.67	02/28 11:18	30.63		
02/24 11:02	17.53	02/26 08:54	23.59	02/28 12:21	34.24		
02/24 11:06	18.11	02/26 09:57	24.61	02/28 13:24	33.22		
02/24 11:10	18.41	02/26 11:00	31.31	02/28 14:27	22.51		
02/24 11:14	18.65	02/26 12:03	22.56	02/28 14:29	25.64		
02/24 12:17	18.16	02/26 13:06	30.09	02/28 15:31	29.89		
02/24 13:20	18.60	02/26 14:09	29.89	02/28 16:34	23.64		
02/24 14:15	16.40	02/26 15:12	29.06	02/28 17:37	17.48		
02/24 14:28	18.02	02/26 16:15	21.83	02/28 18:40	15.62		
02/24 14:41	18.46	02/26 17:18	18.99	02/28 19:43	15.57		
02/24 14:54	18.55	02/26 18:21	17.77	02/28 20:46	16.74		
02/24 15:57	16.30	02/26 19:24	16.35	02/28 21:49	19.24		

表 2-1-11 センサー13 (ビニールハウス新棟東) 測定結果

データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ
02/23 10:17	11.37	02/25 01:28	16.45	02/27 03:13	16.06	03/01 04:18	17.77
02/23 10:19	11.22	02/25 02:30	16.99	02/27 04:15	19.43	03/01 05:20	17.82
02/23 10:23	11.42	02/25 03:32	17.09	02/27 05:17	15.96	03/01 06:22	18.02
02/23 10:23	11.42	02/25 04:34	17.04	02/27 06:19	18.60	03/01 07:24	20.80
02/23 13:33	9.27	02/25 05:36	16.74	02/27 07:21	19.48	03/01 08:26	19.19
02/23 18:07	8.39	02/25 06:38	16.55	02/27 08:23	25.05	03/01 09:28	20.12
02/23 18:08	8.00	02/25 07:40	18.11	02/27 09:25	29.70	03/01 10:30	19.68
02/23 18:20	7.60	02/25 08:42	25.69	02/27 10:27	28.38	03/01 11:32	20.07
02/23 18:32	17.33	02/25 09:44	30.38	02/27 11:29	22.17	03/01 12:34	20.12
02/23 18:44	16.26	02/25 10:46	26.18	02/27 12:31	21.83	03/01 13:36	18.60
02/23 19:14	16.60	02/25 11:48	29.21	02/27 13:33	26.91	03/01 14:38	17.33
02/23 19:17	16.26	02/25 12:50	30.77	02/27 14:35	27.74	03/01 15:40	15.52
02/23 19:20	16.01	02/25 13:52	30.87	02/27 15:37	25.79	03/01 16:42	17.92
02/23 19:23	16.01	02/25 14:54	28.18	02/27 16:39	18.94	03/01 17:44	18.50
02/23 20:25	15.86	02/25 15:56	26.81	02/27 17:07	17.14	03/01 18:46	19.14
02/23 21:27	16.21	02/25 16:58	19.53	02/27 18:09	16.11	03/01 19:48	19.68
02/23 22:29	18.55	02/25 17:07	18.70	02/27 19:11	18.50	03/01 20:50	20.95
02/23 23:32	18.41	02/25 18:09	17.04	02/27 20:13	16.21	03/01 21:52	21.29
02/24 00:34	16.11	02/25 19:11	16.65	02/27 21:15	18.41	03/01 22:54	21.00
02/24 01:36	16.45	02/25 20:13	15.67	02/27 22:17	17.97	03/01 23:56	19.24
02/24 02:38	19.14	02/25 21:15	18.60	02/27 23:19	16.11	03/02 00:58	18.21
02/24 03:40	16.16	02/25 22:17	16.84	02/28 00:21	15.13	03/02 02:00	18.21
02/24 04:42	18.50	02/25 23:19	16.55	02/28 01:23	15.03	03/02 03:02	18.75
02/24 05:44	16.70	02/26 00:21	18.55	02/28 02:25	15.13	03/02 04:04	19.87
02/24 06:46	18.11	02/26 01:23	19.19	02/28 03:27	14.99		
02/24 07:48	17.72	02/26 02:25	15.96	02/28 04:29	14.84		
02/24 08:50	17.67	02/26 03:27	15.82	02/28 05:31	15.38		
02/24 09:52	16.21	02/26 04:29	16.65	02/28 06:33	16.16		
02/24 10:54	17.53	02/26 05:31	16.70	02/28 07:35	19.58		
02/24 11:56	17.28	02/26 06:33	16.70	02/28 08:37	24.17		
02/24 12:58	17.53	02/26 07:35	18.06	02/28 09:39	30.43		
02/24 13:58	17.04	02/26 08:37	23.64	02/28 10:41	30.63		
02/24 14:10	17.09	02/26 09:39	30.43	02/28 11:43	28.77		
02/24 14:22	16.94	02/26 10:41	26.42	02/28 12:45	27.06		
02/24 14:34	17.67	02/26 11:43	30.43	02/28 13:47	26.96		
02/24 14:46	17.77	02/26 12:45	28.77	02/28 14:49	30.23		
02/24 14:59	17.77	02/26 13:47	30.28	02/28 14:51	30.19		
02/24 16:01	15.91	02/26 14:49	26.47	02/28 15:54	28.67		
02/24 17:03	16.60	02/26 15:51	23.69	02/28 16:56	20.61		
02/24 18:05	15.82	02/26 16:53	19.73	02/28 17:58	19.82		
02/24 19:07	18.85	02/26 17:55	18.06	02/28 19:00	18.94		
02/24 19:10	17.48	02/26 18:57	16.74	02/28 20:02	18.31		
02/24 19:13	16.50	02/26 19:59	19.14	02/28 21:04	16.79		
02/24 19:16	15.91	02/26 21:01	19.38	02/28 22:06	18.31		
02/24 20:18	19.34	02/26 22:03	18.75	02/28 23:08	21.00		
02/24 21:20	15.52	02/26 23:05	16.50	03/01 00:10	20.41		
02/24 22:22	15.23	02/27 00:07	18.50	03/01 01:12	19.63		
02/24 23:24	15.77	02/27 01:09	16.01	03/01 02:14	18.70		
02/25 00:26	16.30	02/27 02:11	18.75	03/01 03:16	18.06		

表 2-1-12 センサー14 (ビニールハウスアクリル) 測定結果

データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ
02/23 11:02	14.69	02/24 14:09	15.47	02/26 13:01	28.67	02/28 14:05	24.42
02/23 11:07	16.16	02/24 14:21	15.47	02/26 14:03	29.40	02/28 15:08	26.86
02/23 11:07	16.16	02/24 14:33	16.45	02/26 15:05	22.61	02/28 16:10	20.75
02/23 14:08	10.05	02/24 14:45	16.55	02/26 16:07	21.44	02/28 17:12	18.02
02/23 14:28	9.02	02/24 14:57	16.65	02/26 17:09	18.46	02/28 18:14	17.62
02/23 14:40	9.07	02/24 15:59	15.77	02/26 18:11	16.65	02/28 19:16	17.82
02/23 14:41	9.12	02/24 17:01	14.79	02/26 19:13	15.28	02/28 20:18	15.08
02/23 14:52	12.00	02/24 18:03	15.47	02/26 20:15	15.96	02/28 21:20	16.94
02/23 15:04	11.81	02/24 19:05	16.06	02/26 21:17	14.59	02/28 22:22	17.53
02/23 15:31	12.20	02/24 20:07	16.40	02/26 22:19	15.57	02/28 23:24	16.99
02/23 15:36	12.25	02/24 21:09	16.40	02/26 23:21	17.48	03/01 00:26	16.65
02/23 15:39	12.39	02/24 22:11	15.91	02/27 00:23	17.09	03/01 01:28	17.09
02/23 15:44	12.54	02/24 23:13	15.52	02/27 01:25	15.62	03/01 02:30	17.48
02/23 16:06	12.64	02/25 00:15	15.28	02/27 02:27	14.30	03/01 03:32	17.28
02/23 16:08	12.79	02/25 01:17	15.23	02/27 03:29	15.23	03/01 04:34	16.79
02/23 17:08	12.64	02/25 02:19	15.03	02/27 04:31	16.94	03/01 05:36	16.94
02/23 17:11	12.74	02/25 03:21	14.94	02/27 05:33	17.48	03/01 06:38	17.82
02/23 17:14	12.64	02/25 04:23	14.79	02/27 06:35	17.82	03/01 07:40	16.01
02/23 17:25	12.79	02/25 05:25	14.89	02/27 07:37	15.62	03/01 08:42	16.55
02/23 17:28	12.44	02/25 06:27	14.89	02/27 08:39	21.34	03/01 09:44	18.55
02/23 17:31	12.39	02/25 07:29	15.52	02/27 09:41	23.73	03/01 10:46	18.41
02/23 17:34	12.35	02/25 08:31	20.02	02/27 10:43	30.04	03/01 11:48	17.38
02/23 17:37	12.15	02/25 09:33	29.94	02/27 11:45	25.44	03/01 12:50	17.33
02/23 17:40	12.25	02/25 10:35	28.43	02/27 12:47	29.26	03/01 13:52	16.16
02/23 17:43	12.30	02/25 11:37	26.96	02/27 13:49	23.49	03/01 14:54	15.03
02/23 18:09	8.14	02/25 12:39	30.19	02/27 14:51	25.15	03/01 15:56	13.32
02/23 18:21	7.70	02/25 13:41	22.37	02/27 15:53	23.88	03/01 16:58	15.52
02/23 18:33	16.01	02/25 14:43	28.04	02/27 16:21	20.36	03/01 18:00	17.33
02/23 18:45	14.84	02/25 15:45	24.76	02/27 17:23	16.45	03/01 19:02	16.01
02/23 19:47	14.69	02/25 16:21	22.81	02/27 18:25	14.94	03/01 20:04	14.25
02/23 20:49	16.50	02/25 17:23	16.30	02/27 19:27	15.67	03/01 21:06	15.03
02/23 21:51	16.79	02/25 18:25	17.92	02/27 20:29	16.79	03/01 22:08	16.60
02/23 22:53	14.59	02/25 19:27	14.99	02/27 21:31	17.43	03/01 23:10	17.77
02/23 23:55	17.38	02/25 20:29	15.96	02/27 22:33	17.43	03/02 00:12	14.40
02/24 00:57	15.52	02/25 21:31	15.86	02/27 23:35	17.18	03/02 01:14	14.59
02/24 01:59	14.84	02/25 22:33	16.55	02/28 00:37	16.89	03/02 02:16	16.35
02/24 03:01	17.62	02/25 23:35	17.38	02/28 01:39	16.06	03/02 13:04	31.41
02/24 04:03	16.06	02/26 00:37	16.89	02/28 02:41	15.77	03/02 14:06	30.77
02/24 05:05	14.35	02/26 01:39	16.45	02/28 03:43	15.52		
02/24 06:07	15.33	02/26 02:41	16.50	02/28 04:45	15.67		
02/24 07:09	16.89	02/26 03:43	16.35	02/28 05:47	15.96		
02/24 08:11	15.91	02/26 04:45	16.06	02/28 06:49	16.45		
02/24 09:13	15.08	02/26 05:47	15.47	02/28 07:51	17.58		
02/24 10:15	15.33	02/26 06:49	15.08	02/28 08:53	25.35		
02/24 11:17	16.45	02/26 07:51	15.08	02/28 09:55	31.90		
02/24 12:19	16.01	02/26 08:53	20.51	02/28 10:57	22.66		
02/24 13:21	16.26	02/26 09:55	28.67	02/28 11:59	21.93		
02/24 13:45	15.67	02/26 10:57	28.23	02/28 13:01	30.09		
02/24 13:57	16.01	02/26 11:59	24.71	02/28 14:03	28.28		

表 2-1-13 センサー15 (ビニールハウスリップハット) 測定結果

データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ	データ測定日時	温度データ
02/23 11:16	12.79	02/24 23:26	16.11	02/27 02:04	16.84	03/01 03:44	18.26
02/23 11:20	11.76	02/25 00:28	15.52	02/27 03:06	15.38	03/01 04:46	19.73
02/23 11:23	11.76	02/25 01:30	14.20	02/27 04:08	16.70	03/01 05:48	18.06
02/23 11:27	11.61	02/25 02:32	15.82	02/27 05:10	15.23	03/01 06:50	20.51
02/23 13:17	09.07	02/25 03:34	15.62	02/27 06:12	16.35	03/01 07:52	21.09
02/23 18:09	07.60	02/25 04:36	14.06	02/27 07:14	18.65	03/01 08:54	20.95
02/23 18:11	07.46	02/25 05:38	15.33	02/27 08:16	27.11	03/01 09:56	19.73
02/23 18:24	07.65	02/25 06:40	16.26	02/27 09:18	26.32	03/01 10:58	19.63
02/23 18:36	15.67	02/25 07:42	17.72	02/27 10:20	27.35	03/01 12:00	19.14
02/23 18:48	17.77	02/25 08:44	25.74	02/27 11:22	28.72	03/01 13:02	18.99
02/23 19:09	15.62	02/25 09:46	25.25	02/27 12:24	20.02	03/01 14:04	17.72
02/23 19:21	16.89	02/25 10:48	24.42	02/27 13:26	18.41	03/01 15:06	15.96
02/23 19:24	16.26	02/25 11:50	27.11	02/27 14:28	14.69	03/01 16:08	14.11
02/23 19:27	15.96	02/25 12:52	24.52	02/27 15:30	13.42	03/01 17:10	19.19
02/23 20:29	17.62	02/25 13:54	27.55	02/27 16:32	20.70	03/01 18:12	18.90
02/23 21:31	15.57	02/25 14:56	26.23	02/27 17:34	16.16	03/01 19:14	18.90
02/23 22:33	15.43	02/25 15:58	24.56	02/27 18:36	17.53	03/01 20:16	19.14
02/23 23:35	15.57	02/25 17:00	18.21	02/27 19:38	18.31	03/01 21:18	18.55
02/24 00:37	15.13	02/25 18:02	15.77	02/27 20:40	19.53	03/01 22:20	18.85
02/24 01:39	17.67	02/25 19:04	15.38	02/27 21:42	18.60	03/01 23:22	16.40
02/24 02:41	17.58	02/25 20:06	16.35	02/27 22:44	18.70		
02/24 03:43	15.96	02/25 21:08	15.72	02/27 23:46	19.14		
02/24 04:46	15.38	02/25 22:10	16.11	02/28 00:48	17.23		
02/24 05:47	15.18	02/25 23:12	16.16	02/28 01:50	09.56		
02/24 06:49	17.48	02/26 00:14	15.86	02/28 02:52	16.65		
02/24 07:51	17.23	02/26 01:16	14.84	02/28 03:54	13.96		
02/24 08:53	15.67	02/26 02:18	16.70	02/28 04:56	14.20		
02/24 09:55	15.57	02/26 03:20	14.84	02/28 05:58	18.06		
02/24 10:57	17.38	02/26 04:22	16.35	02/28 07:00	18.16		
02/24 11:59	16.79	02/26 05:24	14.40	02/28 08:02	12.64		
02/24 13:01	17.18	02/26 06:26	15.62	02/28 09:04	20.31		
02/24 13:35	16.84	02/26 07:28	17.14	02/28 10:06	21.05		
02/24 13:47	17.72	02/26 08:30	25.98	02/28 11:08	21.83		
02/24 13:59	17.38	02/26 09:32	26.08	02/28 12:11	19.09		
02/24 14:11	16.94	02/26 10:34	25.59	02/28 13:13	27.35		
02/24 14:23	16.70	02/26 11:36	26.42	02/28 14:15	07.56		
02/24 14:35	17.18	02/26 12:38	25.00	02/28 14:17	-3.82		
02/24 14:47	17.23	02/26 13:40	23.15	02/28 15:20	-3.87		
02/24 15:00	17.23	02/26 14:42	25.69	02/28 16:22	00.66		
02/24 16:02	15.33	02/26 15:44	22.71	02/28 17:24	20.31		
02/24 17:04	16.84	02/26 16:46	19.58	02/28 18:26	20.65		
02/24 18:06	16.35	02/26 17:48	17.09	02/28 19:28	11.12		
02/24 19:08	15.52	02/26 18:50	17.14	02/28 20:30	16.06		
02/24 19:11	16.11	02/26 19:52	17.62	02/28 21:32	19.92		
02/24 19:14	16.60	02/26 20:54	17.38	02/28 22:34	18.21		
02/24 19:18	15.52	02/26 21:56	16.26	02/28 23:36	20.17		
02/24 20:20	16.55	02/26 22:58	15.77	03/01 00:38	18.85		
02/24 21:22	15.03	02/27 00:00	17.09	03/01 01:40	19.19		
02/24 22:24	14.84	02/27 01:02	15.38	03/01 02:42	19.34		

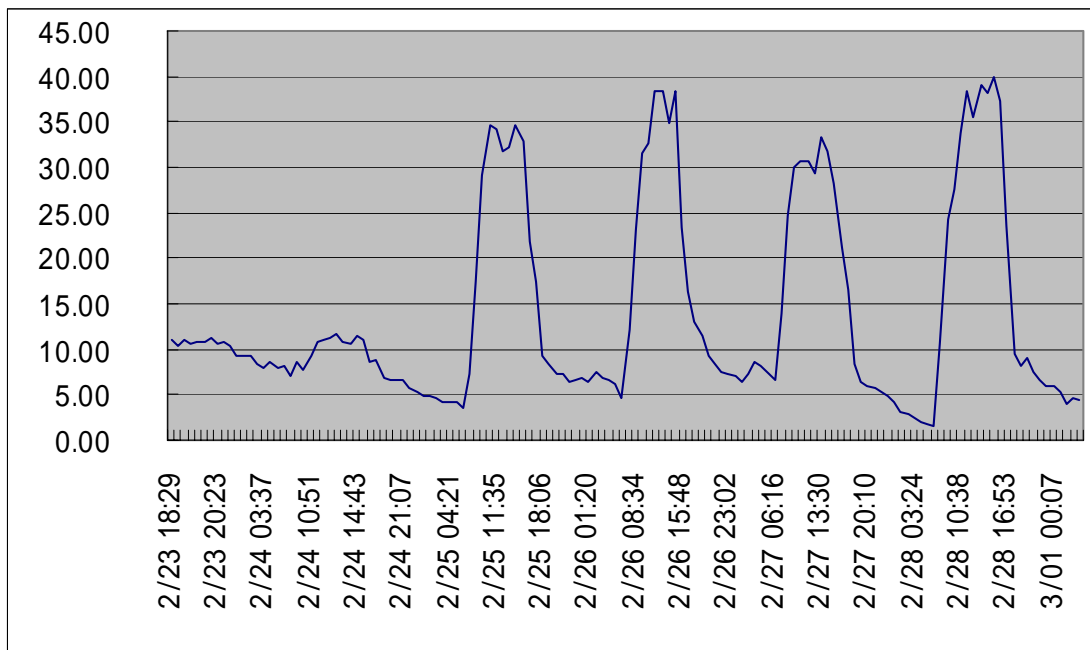


図 2-1-13 センサー11 (ビニールハウス新棟西 外側) 測定グラフ

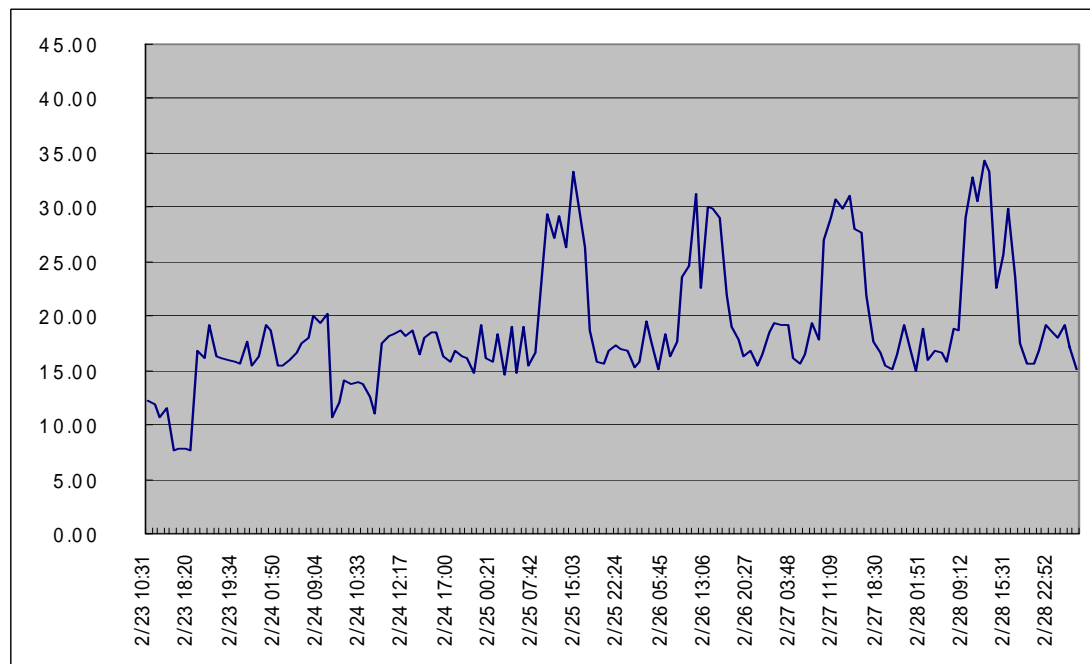


図 2-1-14 センサー12 (ビニールハウス新棟西) 測定グラフ

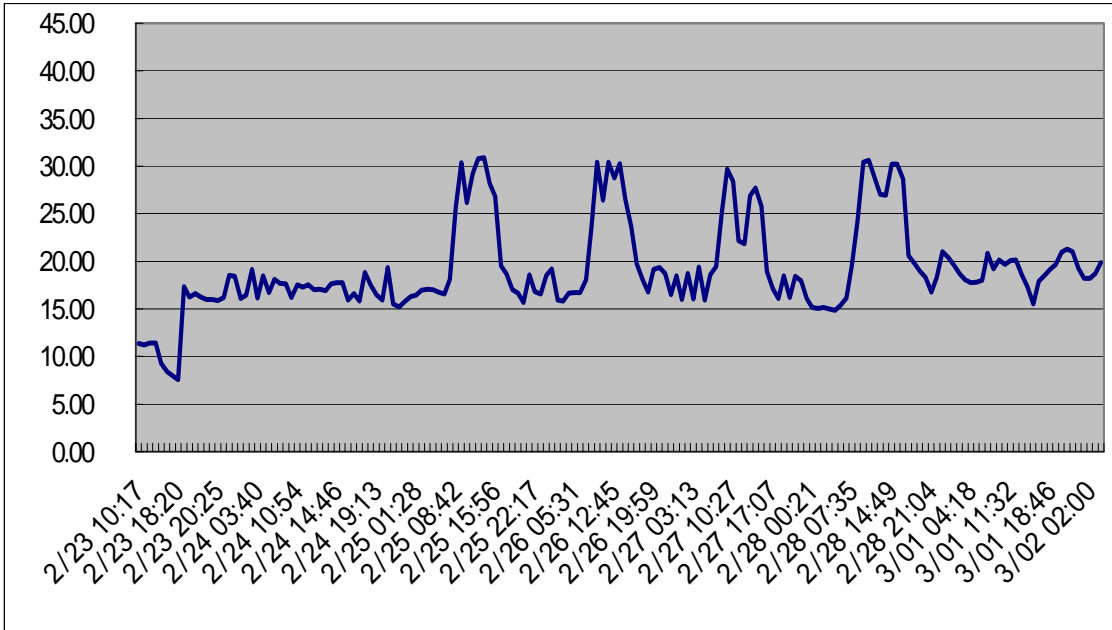


図 2-1-15 センサー13 (ビニールハウス新棟東) 測定グラフ

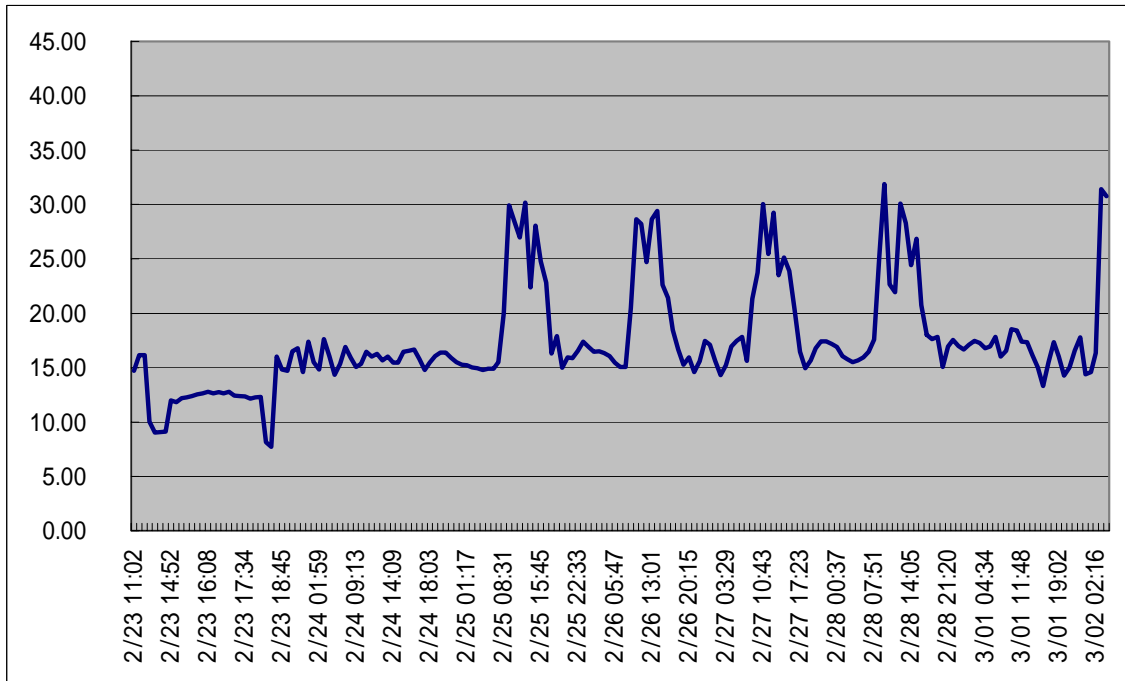


図 2-1-16 センサー14 (ビニールハウスアクリル) 測定グラフ

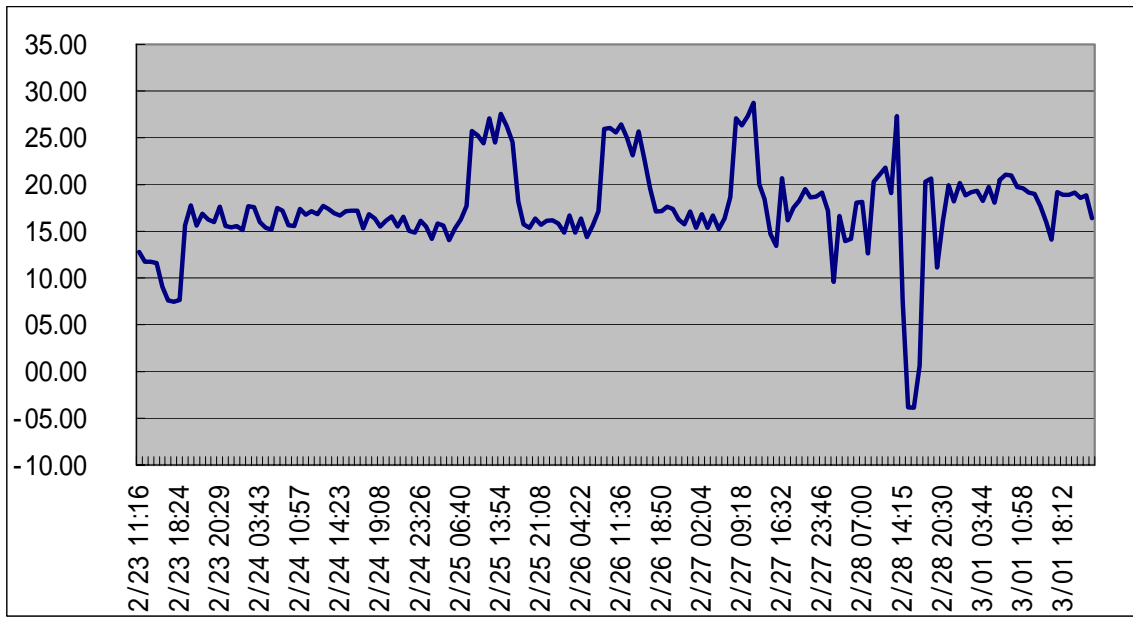


図 2-1-17 センサー15 (ビニールハウスリップハット) 測定グラフ

表 2-1-14 IPv6 温度センサーデータと温度計データ

データ定日時	センサ測定値	温度計測定値	測定値の差
2/24 11:14	18.65	18.95	-0.30
2/24 12:17	18.16	18.55	-0.39
2/24 13:20	18.60	18.75	-0.15
2/24 14:15	16.40	17.80	-1.40
2/24 14:28	18.02	18.35	-0.33
2/24 14:41	18.46	18.65	-0.19
2/24 14:54	18.55	18.70	-0.15
2/24 15:57	16.30	16.55	-0.25

センサー測定値は 0012 番 (新棟西) のデータ。温度計はセンサー 0012 番と同じ場所に設置。

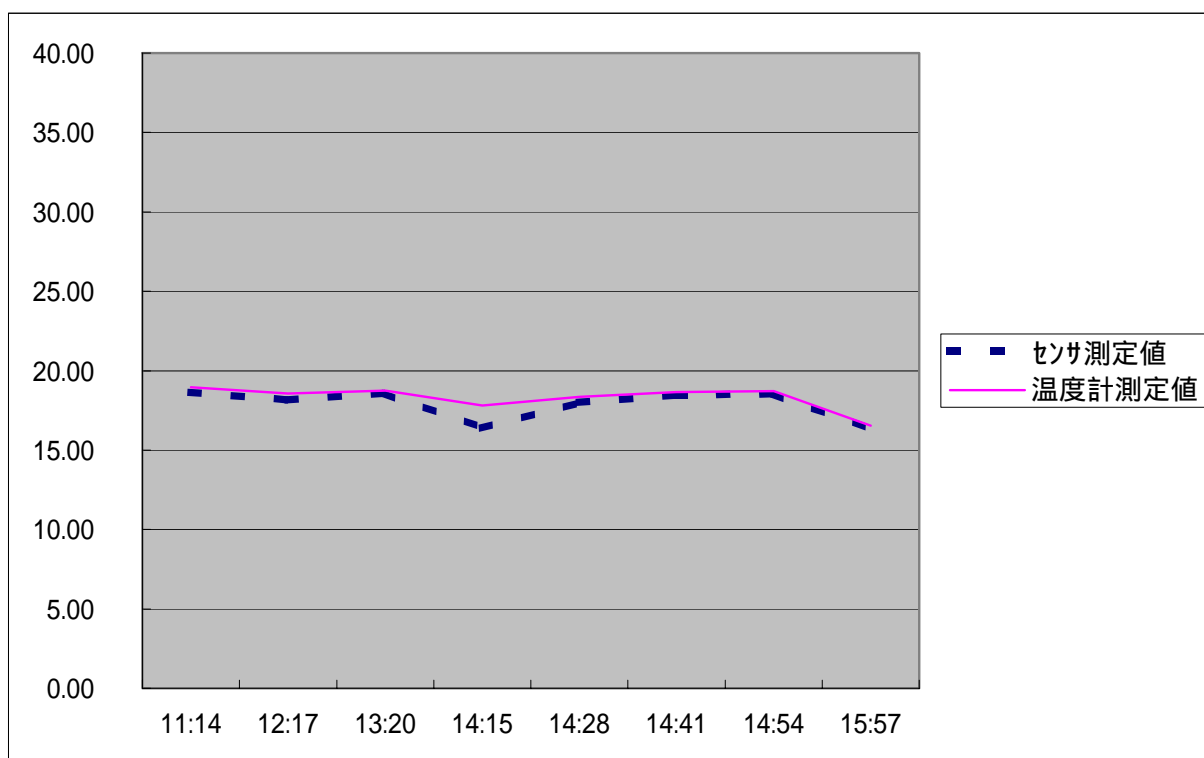


図 2-1-18 IPv6 温度センサーのデータと温度計のデータ

1.5 結果と考察

本実験の結果と考察を以下に示す。

(1) データ収集について

IPv6 温度センサーは温度を測定し、健康管理装置及び農作物管理装置へデータ送信可能なことが確認された。IPsec 及び MobileIP を使用した場合でも正常にデータの送受信が可能であることが確認された。

(2) 通信の安定性

肉用牛遠隔監視システムでの実験において牛は牛舎内を移動可能であったが、データの欠落は確認されなかった。無線 LAN を含む IPv6 の通信回線が安定して動作していることが確認された。

(3) データの収集間隔について

今回の実験では、IPv6 センサーのスリープ時間を 1 分、10 分、1 時間、6 時間のいずれかの設定として行っている。表 2-1-2～表 2-1-13 を見ると実際のデータ収集間隔は 3 分、13 分、1 時間 3 分、6 時間 3 分となっている。又通信のリトライ等により、これ以上に時間がずれている場合もある。

これは、以下の要因が重なった結果である。

センサー内蔵時計の仕様上、スリープ時間の設定は 1 分単位である。時計で分の単位が変化するタイミングで 1 分間のスリープに入ると、スリープと同時に起動時間になり、ハードウェアの仕様上問題が発生する。そのため、センサーのソフトで、スリープの要求時間に対し 1 分を加算した時間スリープするようになっている。そのためスリープ時間は設定値に対し、+1 秒～60 秒の誤差を持っている。

スリープ時間はセンサーのスリープ開始から、次回起動までの時間であり、実際のデータ収集間隔はこの時間にセンサーの動作時間（90 秒程度）が加算された時間になる。

サーバからのスリープ要求時間は常に一定である。そのため通信のリトライ等が発生し、一度時間がずれるとそのずれが修正されない。

今後、実際に使用する場合は、スリープ間隔ではなく次回データ収集時間を設定する。センサーの内蔵時計を定期的に校正するプロトコルを組み込む等の改修が必要と考える。

(4) 牛の体温データの安定性について

図 2-1-6～図 2-1-12 参照。今回の実験では、牛の体温測定は尻尾の付け根裏側に IPv6 温度センサーのセンサー部先端のサーミスタを取り付けることにより実施した。取り付けには医療用の絆創膏と瞬間接着材（動物病院で治療用に使用実績有り）を使用している。

牛尻尾の付け根のバンド（裏）
にセンサー部先端のサーミスタ
を設置



写真 2-1-6 岐阜県畜産研究所殿での牛への IPv6 温度センサー装着

実験結果では体温が大きく下がることもある。これは以下の理由によるものであった。

牛が尾を下げた状態ではサーミスタが尾と尻にはさまれ良好な体温が測定できる。

排泄などで水分が付着し測定温度が低下する。

牛が尾を振ったり、上げたりするとサーミスタが外気温の影響を受け、温度が低く測定される。特に牛が休憩のため座ると、長時間尾が浮いた状態となり、測定温度への影響が大きい。

牛の運動によりセンサー部先端の接着が剥がれプローブの密着度が下がった。

牛の運動によりセンサー部が完全に外れてしまい、外気温を測定した。

（図 2-1-7 の 2/28 03:11～10:17 のデータ）

今後の運用でより安定した温度測定を行うためには下記の様な検討と対策を行う必要がある。

牛に取り付けたセンサー部先端の上から断熱材等を貼り、外気の影響を少なくする。

牛に取り付けたセンサー部先端の上から防水性の素材を貼り、排泄物等による影響を少なくする。

取り付けたセンサー部先端が外れないよう、取り付け方法を再検討する必要がある。

(5)温度測定精度について

表 2-1-14、図 2-1-18 及び 4.1 項 温度測定精度の事前検証から、IPv6 温度センサーの測定精度は ± 0.4 以下であると考えられる。

表 2-1-14 で、14 時 15 分の測定温度が温度計の測定値に対し、1.4 ずれているが、これはビニールハウス内での散水によりセンサープローブ先端のサーミスタに水滴がつきその気化熱のため温度が低くなったためと考える。

図 2-1-13 は、外気温を測定したデータであるが、25 日～28 日の昼間に 30～40 の気温が測定されている。これは、センサープローブが黒色で風通しの悪い直射日光の当たる場所に設置されていたためと考えられる。天気が晴天であった 25 日～28 日に対し、曇天であった 24 日は日中の気温は 10 前後を示している。

正確な温度を測定するためには、直射日光や水滴が当たらず、風通しの良い場所で測定する必要がある。

(6) 図 2-1-17 のグラフで 28 日 16:00 頃の異常データ

図 2-1-17 のグラフで 28 日 16:00 頃に異常な温度を示している。データとしては 14:15 分に急激に温度が下がり初め 17:24 に復帰している。

このデータとセンサーの回路から考えられる原因と理由は以下の通りである。

異常な温度が測定されているが通信は正常に行われている。よって無線 LAN や、CPU ボードの異常とは考えにくい。

温度データはセンサー部内の A/D 部でデジタル化されている。デジタル化されたデータはセンサー部からシリアルデータとして出力される。シリアルデータのラインに異常があった場合は、異常データとしては -5 または 45 が計測されることが予測される。逆に REF_VOLTAGE と ANALOG_DATA 間の抵抗値が下がると、低い温度データ測定される。(図 2-1-19 参照)

温度データは暫く異常値を示した後、正常値に復帰している。

以上から、ビニールハウス内の散水により図 2-1-19 で示すサーミスタの配線に浸水し EF_VOLTAGE と ANALOG_DATA 間の抵抗が下がり低温が測定された。

又、時間の経過で浸水した水分が乾燥しデータが正常に復帰したと考えられる。

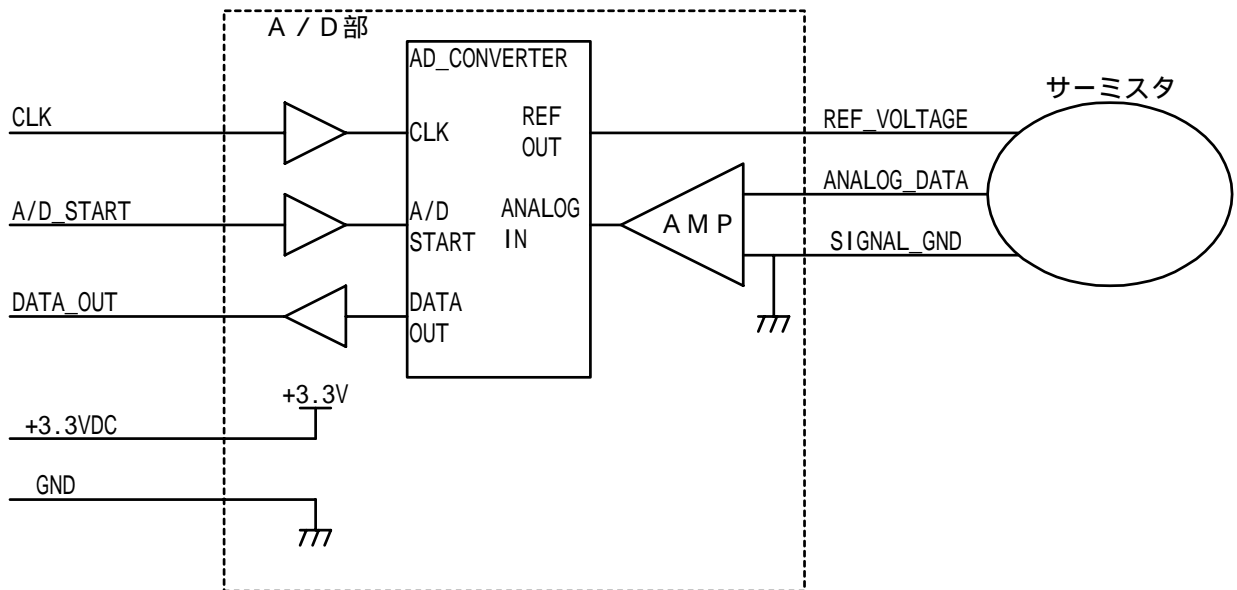


図 2-1-19 センサー部機能系統図

(7)肉用牛遠隔監視システムでの IPv6 温度センサーの取り付け

肉用牛遠隔監視システムでは、牛の腰辺りにポケット付きの装着具を取り付け、そのポケット内に IPv6 温度センサーと外部バッテリーを入れることにより取り付けを行った。



装着具ポケット内に
IPv6 温度センサー本体
及びサブバッテリーを内
蔵

写真 2-1-6 岐阜県畜産研究所殿での牛への IPv6 温度センサー装着

実験中下記の様な問題が発生した。

装着や電池の交換に手間を要する。

(なれた人による電池交換で 15 分程度かかる)

装着具に非常に興味を示す牛がいて、装着具を執拗になめる。その結果装着具の脱落、ケーブルの露出が発生。露出したケーブルは牛に食いちぎられる等の破損が発生した。

実用化のためには以下の対策や検討が必要である。

今回の実験では、IPv6 温度センサーの内蔵電池と外部電池を併用して使用している。内蔵電池の交換のためには、IPv6 温度センサー本体を取り出す必要があり手間がかかる。外部電池の容量を大きくし、外部電池の交換のみで実験を継続可能とする等の対策が必要である。

装着具の脱落防止のため、より強力な装着具の取り付け方法又は牛の興味を引かない方法の検討。

ケーブルが容易に露出しない構造の検討。

(8) ビニールハウス遠隔監視システムでの IPv6 温度センサーの取り付け

ビニールハウス遠隔監視システムでは、ビニールハウス中央にあるつり棚に IPv6 温度センサーを設置し、センサー部先端を洋蘭の鉢高さに設置している。センサー部のケーブルを長くした構造によりセンサー部先端を洋蘭の鉢高さに容易に設置可能であった。



写真 2-1-7 山梨県萩原洋蘭園殿での IPv6 温度センサー設置

(9) 防水性

実験環境は、ビニールハウス内は非常に高湿度で定期的に散水が行われており、牛舎では牛が舌でなめる、汗をかく等の環境であった。ビニールハウスに設置した 1 台でセンサー部の配線への浸水と見られる現象が 1 回発生しているが、他では、異常なく動作している。

結果からセンサー部配線の防水性に課題は残したが、IPv6 温度センサーとしては良好な防水性を有していると考えられる。

2 IPv6 無線モジュールによる通信の安定性

2.1 実験要求事項

IPv6 温度センサーの通信可能距離について検証する。障害物のない牛舎、ビニールハウスにおいて、それぞれの通信可能距離を測定し、障害物のない牧場においては、100 m 以上の通信可能距離が得られ、その他の場所についても安定的な通信が可能であることを確認する。また、牛等の移動に伴って IPv6 温度センサーが移動している場合においても、障害物等の影響を受けずに、継続的なデータ伝送が可能であることを確認する。

2.2 実験仕様、手順

IPv6 温度センサーにより、IPv6 ネットワークを通して遠隔監視を行なうことにより、超小型 IPv6 モジュールの利用技術を検証する。

IPv6 温度センサーについては図 2-1-1 に示す。仕様概略は、資料 2-1「IPv6 温度センサーの仕様概略及び実験実施環境概要」第 1 項「仕様概要」を参照。

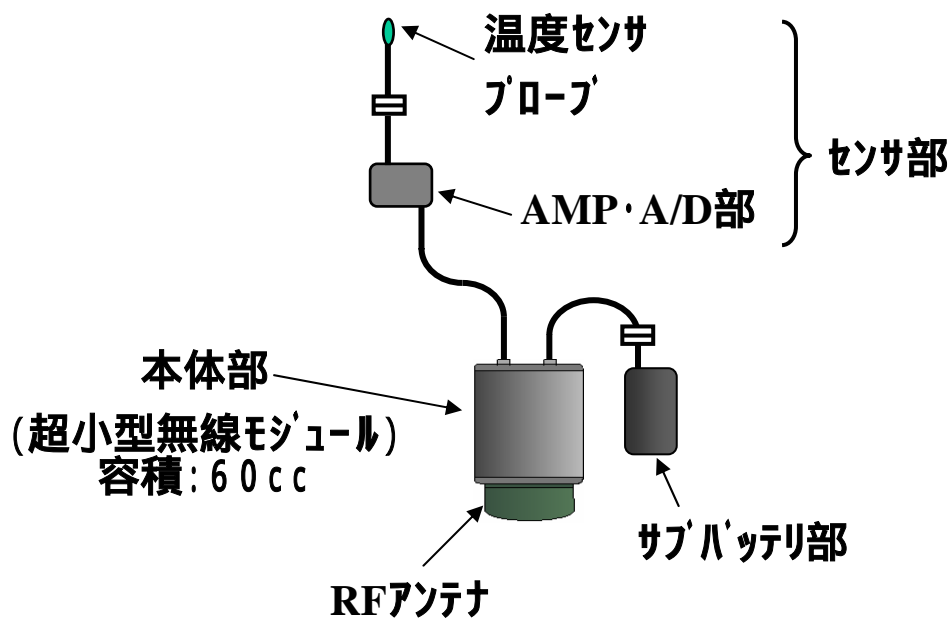


図 2-2-1 IPv6 温度センサー

2.2.1 岐阜県畜産研究所での通信安定性の実験手順

岐阜県畜産研究所内の繁殖牛舎、及び肥育牛舎内に設置(所定の工事により固定)している無線 LAN アクセスポイントアンテナに対して、IPv6 温度センサーの無線 LAN モジュールを使用し、無線 LAN モジュールで受信している信号の通信品質、及び信号強度を、繁殖・肥育両牛舎内の各所で測定することにより、岐阜県畜産研究所内での通信安定性を確認する。

(無線 LAN アクセスポイントアンテナ設置位置、及び各測定点は、2.4 項の実験実施結果に示す)

2.2.2 萩原洋蘭園での通信安定性の実験手順

萩原洋蘭園内に設置(所定の工事により固定)している無線 LAN アクセスポイントアンテナに対して、IPv6 温度センサーの無線 LAN モジュールを使用し、無線 LAN モジュールで受信している信号の通信品質、及び信号強度を、各ビニールハウスの各所で測定することにより、萩原洋蘭園内での通信安定性を確認する。

(無線 LAN アクセスポイントアンテナ設置位置、及び各測定点は、2.4 項の実験実施結果に示す)

2.2.3 見通し 100 m での通信安定性での実験手順

障害物のない見通し約 100 m の両端に無線 LAN アクセスポイントアンテナと、IPv6 温度センサーの無線 LAN モジュールを設置し、無線 LAN モジュールで受信している信号の通信品質、信号強度の測定、及び ping ソフトによる信号データの接続性確認を実施することにより、見通し約 100 m 前後での通信安定性を確認する。

2.3 実験実施環境

本実験では、IPv6 温度センサーを岐阜県畜産研究所の牛に装着し、育成期間中の体温を IPv6 温度センサーで計測し、無線 LAN を通して、健康管理装置に送信する。また山梨県の萩原洋蘭園において、IPv6 温度センサーをビニールハウスに設置し、無線 LAN を通して、農作物管理装置に送信する。

実験実施環境概要については、資料 2-1「IPv6 温度センサーの仕様概略及び実験実施環境概要」第 2 項「実験実施環境概要」を参照。

2.3.1 岐阜県畜産研究所での通信安定性の実験実施環境

岐阜県畜産研究所での通信安定性の実験系を図 2-2-2 に示す。

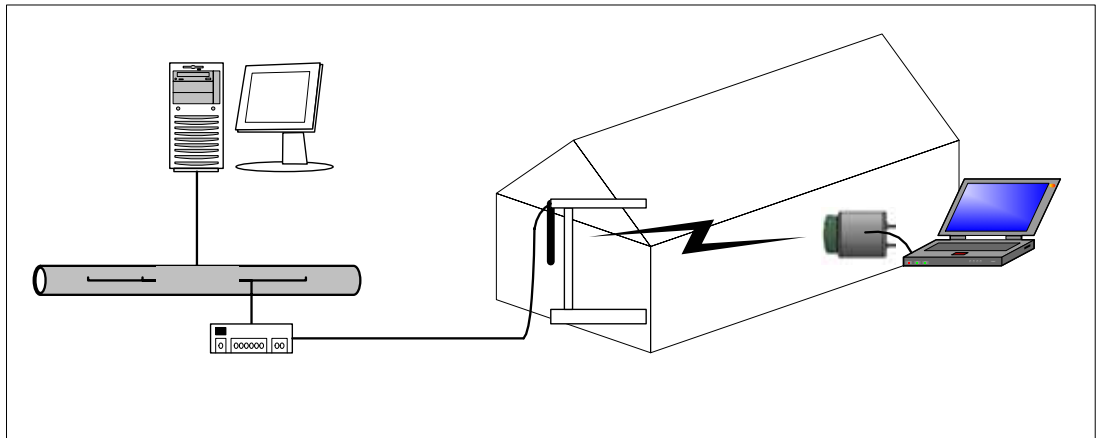


図 2-2-2 岐阜県畜産研究所での通信安定性の実験系

2.3.2 萩原洋蘭園での通信安定性の実験実施環境

萩原洋蘭園での通信安定性の実験系を図 2-2-3 に示す。

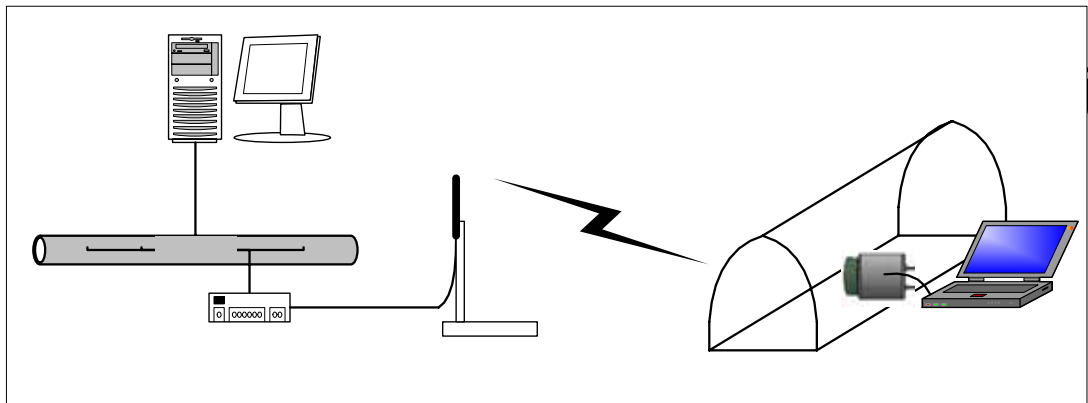


図 2-2-3 萩原洋蘭園での通信安定性の実験系

2.3.3 見通し 100 m での通信安定性の実験実施環境

見通し 100 m での通信安定性の実験系を図 2-2-4 に示す。

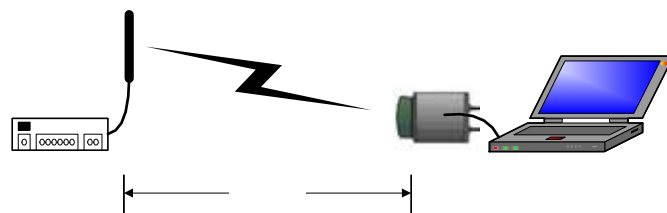


図 2-2-4 見通し 100 m での通信安定性の実験系

2.4 実験実施結果

2.4.1 岐阜県畜産研究所での通信安定性の実験結果

岐阜県畜産研究所内での通信安定性の実験結果として、繁殖牛舎、及び肥育牛舎の各測定点で測定した通信品質、及び信号強度の結果を、繁殖・肥育両牛舎について表 2-2-1 に示す。

また、繁殖牛舎で測定した各測定点、無線 LAN アクセスポイントアンテナの設置位置、通信品質、信号強度の結果を図 2-2-5 に、肥育牛舎で測定した各測定点、無線 LAN アクセスポイントアンテナの設置位置、通信品質、信号強度の結果を図 2-2-6 に示す。

表 2-2-1 岐阜県畜産研究所（牛舎）での通信安定性の実験結果

繁殖牛舎での通信品質測定結果

測定点										
Current Channel	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Current Tx Rate [Mbps]	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Link Quality [%]	100	100	100	100	80	100	100	100	100	100
Signal Strength [%]	100	80	100	100	60	93	100	100	100	80
アクセスポイントアンテナからの直線距離 [m]	約46m	約40m	約36m	約32m	約32m	約33m	約24m	約17m	約10m	約7m
牛舎内/外	内	外	内	内	内	外	外	内	内	外
測定点										
Current Channel	6	6	6	6	6	6	6			
Current Tx Rate [Mbps]	11	11	11	11	11	11	11			
Link Quality [%]	93	80	100	100	100	100	100			
Signal Strength [%]	73	60	100	100	100	80	86			
アクセスポイントアンテナからの直線距離 [m]	約29m	約39m	約35m	約33m	約31m	約30m	約32m			
牛舎内/外	外	外	内	内	内	内	外			

肥育牛舎での通信品質測定結果(北アンテナ)

測定点										
Current Channel	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Current Tx Rate [Mbps]	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Link Quality [%]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Signal Strength [%]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
アクセスポイントアンテナからの直線距離 [m]	約27m	約21m	約22m	約25m	約9m	約2m	約12m	約21m	約20m	約24m
牛舎内/外	内	内	内	内	内	内	内	内	内	内

肥育牛舎での通信品質測定結果(南アンテナ)

測定点										
Current Channel	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Current Tx Rate [Mbps]	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Link Quality [%]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Signal Strength [%]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
アクセスポイントアンテナからの直線距離 [m]	約26m	約20m	約20m	約21m	約13m	約5m	約8m	約25m	約23m	約23m
牛舎内/外	内	内	内	内	内	内	内	内	内	内

測定環境	<p>無線LANカードは、温度センサーで使用している無線LANカードを使用し、ノートPCに実装し次の計測を実施。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Link Quality [%](通信品質) ・Signal Strength [%](信号強度) <p>計測には、無線LANカード添付のユーティリティソフトを使用。 無線LANカードのアンテナは、アクセスポイント方向に向けて測定 無線LANカードアンテナの地面からの高さ約120cm アクセスポイントアンテナの地面からの高さ約365cm(肥育牛舎)</p>									
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

【このページは、構成の都合上空白となっています】

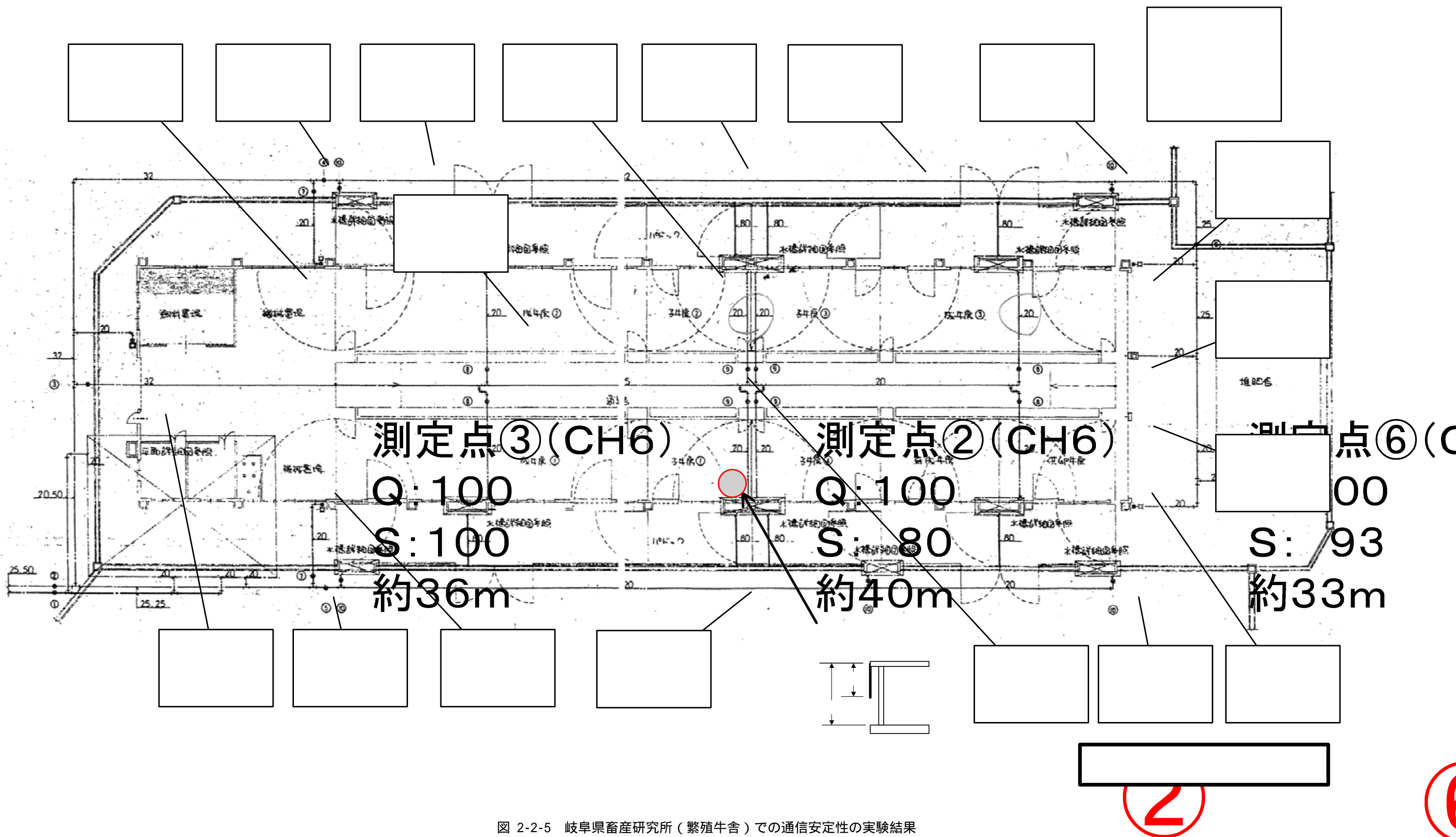


図 2-2-5 岐阜県畜産研究所（繁殖牛舎）での通信安定性の実験結果

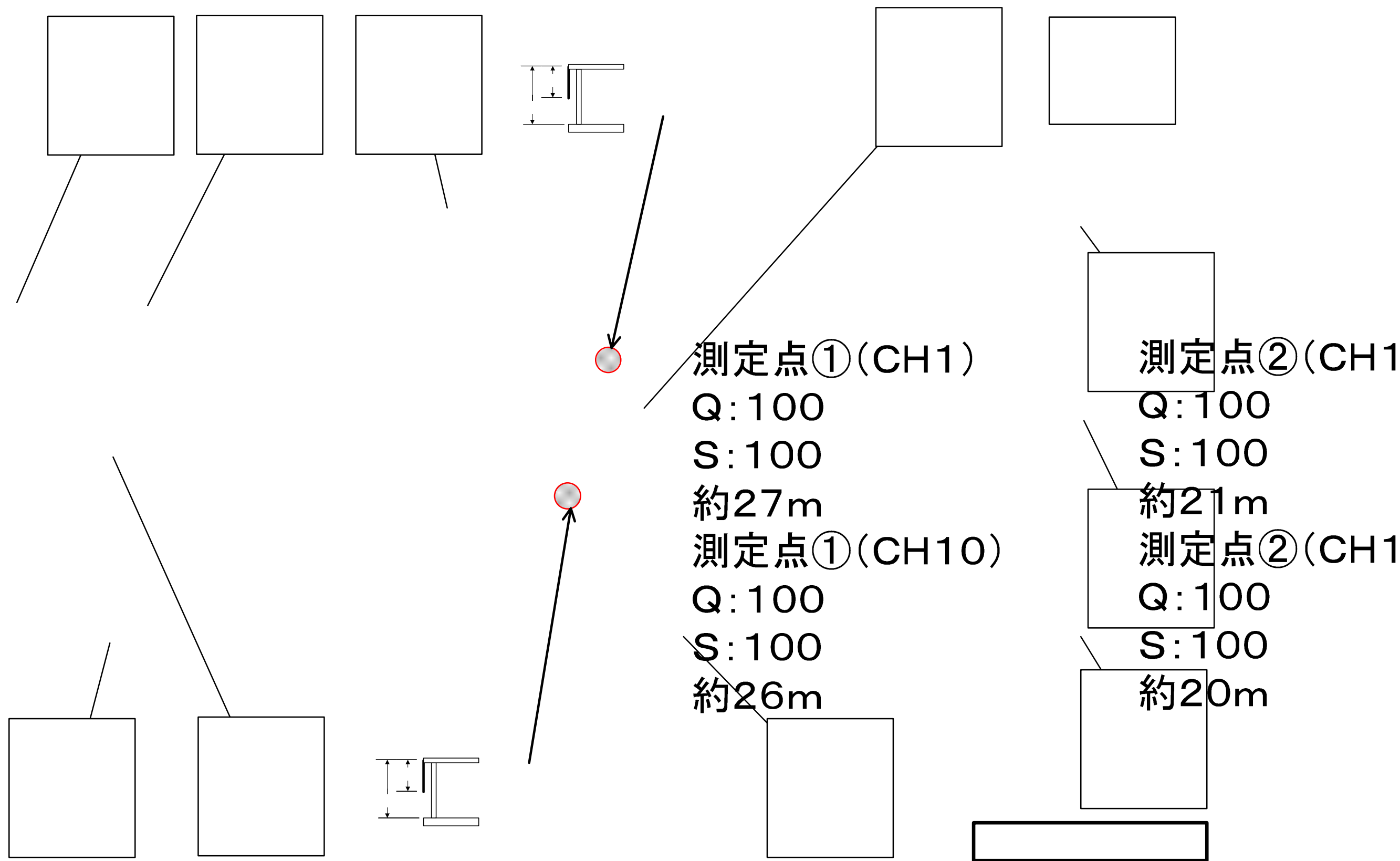


図 2-2-6 岐阜県畜産研究所（肥育牛舎）での通信安定性の実験結果

2.4.2 萩原洋蘭園での通信安定性の実験結果

萩原洋蘭園内での通信安定性の実験結果として、ビニールハウスの各測定点で測定した通信品質、及び信号強度の結果を、表 2-2-2 に示す。

また、ビニールハウスで測定した各測定点、無線 LAN アクセスポイントアンテナの設置位置、通信品質、信号強度の結果を図 2-2-7 に示す。

【このページは、構成の都合上空白となっています】

表 2-2-2 萩原洋蘭園（ビニールハウス）での通信安定性の実験結果

ビニールハウスでの通信品質測定結果

測定点									
Current Channel	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Current Tx Rate [Mbps]	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Link Quality [%]	100	100	100	100	100	100	80	100	93
Signal Strength [%]	100	100	100	100	93	100	60	80	73
アクセスポイントアンテナからの直線距離 [m]	約38m	約24m	約36m	約22m	約36m	約26m	約48m	約20m	約28m
ハウス名	新棟(東)	新棟(東)	新棟(西)	新棟(西)	アクリル棟	アクリル棟	単棟(西)	リップハット棟	リップハット棟
ハウス内/外	内	内	内	内	内	内	外	内	内

測定環境	<p>無線LANカードは、温度センサーで使用している無線LANカードを使用し、ノートPCに実装し次の計測を実施。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Link Quality [%](通信品質) ・Signal Strength [%](信号強度) <p>計測には、無線LANカード添付のユーティリティソフトを使用。 無線LANカードのアンテナは、アクセスポイント方向に向けて測定 無線LANカードアンテナの地面からの高さ約120cm アクセスポイントアンテナの地面からの高さ約435cm 天候は、雨(強さは、普通)</p>
------	--



図 2-2-7 萩原洋蘭園（ビニールハウス）での通信安定性の実験結果

2.4.3 見通し 100 m での通信安定性の実験結果

見通し 100 m での通信安定性の実験結果として、100 m 前後の各測定点で測定した通信品質、信号強度の結果、及び ping ソフトによる信号データの接続性確認を表 2-2-3 に示す。

表 2-2-3 見通し 100 m での通信安定性の実験結果

見通し100mでの通信品質測定結果

測定点					参考
Current Tx Rate [Mbps]	11	11	11	11	11
Link Quality [%]	80	80	60	60	20以下
Signal Strength [%]	60	60	50	50	20以下
アクセスポイントアンテナからの直線距離 [m]	約90m	約100m	約105m	約110m	約120m以上
pingソフトによる接続性確認	100/100	100/100	100/100	100/100	0/100 ~ 90/100

測定環境	<p>無線LANカードは、温度センサーで使用している無線LANカードを使用し、ノートPCに実装し次の計測を実施。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Link Quality [%](通信品質) ・Signal Strength [%](信号強度) <p>計測には、無線LANカード添付のユーティリティソフトを使用。 無線LANカードのアンテナは、アクセスポイント方向に向けて測定 無線LANカードアンテナの地面からの高さ約120cm アクセスポイントアンテナの地面からの高さ約435cm 天候は、雨(強さは、普通)</p>
------	--

2.5 結果と考察

2.5.1 岐阜県畜産研究所での通信安定性の結果と考察

岐阜県畜産研究所での通信安定性の実験結果は、2.4.1 項で得られたとおり、ほとんどの測定点で、通信品質 100%、信号強度 100%であった。また、繁殖牛舎の牛舎外や牛舎壁際、柱の影のような通信環境の悪化が考えられる測定点であっても、通信品質 80%以上、信号強度 60%以上が得られ、実際のデータの通信安定性は確保されていると考えられる。

肥育牛舎と比較し、繁殖牛舎での測定結果に低い値がある理由としては、肥育牛舎に比べ、繁殖牛舎の方が敷地面積が広く、アクセスポイントアンテナと測定点の直線距離を比較しても、肥育牛舎では最大約 27 m であるのに対して、繁殖牛舎では最大約 46 m である。

ただし、この繁殖牛舎測定点 はアンテナとの直線距離が 46 m であっても、通信品質 100%、信号強度 100%が測定されており、繁殖牛舎内の最低測定点 (通信品質 80%、信号強度 60%、アンテナとの直線距離 32 m) よりも、アンテナから遠い位置にある。測定点 の測定結果が低い理由としては、測定点が牛舎壁際、柱の影にあることが理由と考えられる。

これから考えると、アクセスポイントアンテナと測定点との距離、及び測定点の周囲環境条件によって、通信安定性が変化していることがわかる。

2.5.2 萩原洋蘭園での通信安定性の結果と考察

萩原洋蘭園での通信安定性の実験結果は、2.4.2 項で得られたとおり、ほとんどの測定点で、通信品質 100%、信号強度 100%であった。また、測定点、
、
のようなアクセスポイントアンテナと測定点との距離が長い測定点（約 48 m）であっても、通信品質 80%以上、信号強度 60%以上が得られ、実際のデータの通信安定性は確保されていると考えられる。

2.5.3 見通し 100 m での通信安定性の結果と考察

2.4.3 項で得られた結果のとおり、見通し距離でアクセスポイントアンテナと測定点（約 100 m）であっても、通信品質 80%、信号強度 60%が得られ、これに加えて ping ソフトによる信号データの接続性確認では 100 回の送信について、100 回の受信があり、100%の接続性が確認できた。

また、測定点（約 105 m）、（約 110 m）では、通信品質 60%、信号強度 50%と落ちるが、ping ソフトによる信号データの接続性確認では 100%であるため、通信安定性は確保できると考えられる。

ただし、アクセスポイントアンテナと測定点の間に障害のない理想状態に限られる。測定点(その他)に記載したとおり通信品質 20%以下、信号強度 20%以下の場合は、ping ソフトによる信号データの接続性確認で 90%~0%の場合があり、極端に通信安定性が悪くなる。

2.5.4 総合的な結果と考察

以上 2.5.1 項~2.5.3 項までに既に記載したまとめとして、以下のことが考えられる。

アクセスポイントアンテナと測定点との距離が長いと通信安定性が悪化する。
測定点の周囲環境条件で通信安定性が悪化する。

通信安定性を保つには、最低でも（おおよそ）通信品質 60%、信号強度 50%以上がよい。

通信安定性を保つには、アクセスポイントアンテナと測定点との距離、及び測定点の周囲環境条件を整え、通信品質 60%、信号強度 50%以上とする必要がある。

3 IPv6 無線モジュールの低消費電力性

3.1 実験要求事項

内臓バッテリーの使用可能時間について、設計時の寿命と IPv6 センサーを連続使用した実際の寿命について比較し、設計時間の連続使用が可能であることを確認する。また、無線 LAN の出力の増減、間欠動作の実施等を行ない、実利用に影響が出ない範囲での連続使用可能の延長可能性について検証すること。

3.2 実験仕様、手順

下記手順により IPv6 無線モジュールの電池での動作時間を測定する。

(1)消費電流と電池容量からの計算

IPv6 温度センサーの消費電流を測定する。

電池のカタログスペックから電池容量を確認する。

消費電流と電池容量から IPv6 温度センサーの動作時間を計算する。

(2)工場での動作時間実験

スリープ時間を 1 分（データ取得周期 3 分）に設定し、IPv6 温度センサーの動作時間とデータ送信回数を測定する。

(3)フィールドでの動作時間実験

萩原洋蘭園にて IPv6 温度センサーを 1 時間スリープ動作させその動作時間を測定する。これにより、温度変化等の外的要因のある状態での動作時間を確認する。

3.3 実験実施環境

(1)消費電流と電池容量からの計算

消費電流測定時の実験環境を以下に示す。

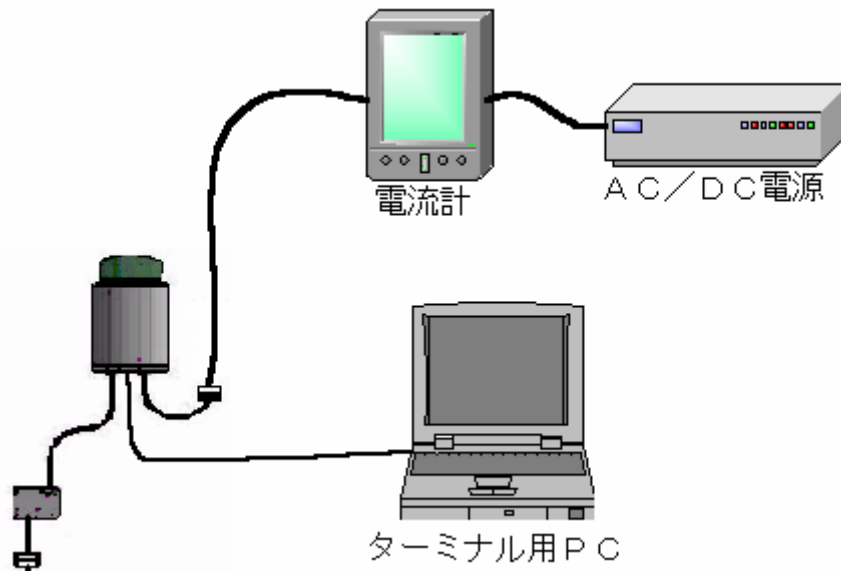


図 1-3-1 消費電流測定系統図

AC/DC 電源

IPv6 温度センサーへ電源を供給するのに使用。

電流計

消費電流の測定に使用。

ターミナル用 PC

RS232 経由で IPv6 温度センサーの動作をモニタするために使用。

(2)工場での動作時間実験

工場での動作時間の測定環境を以下に示す。

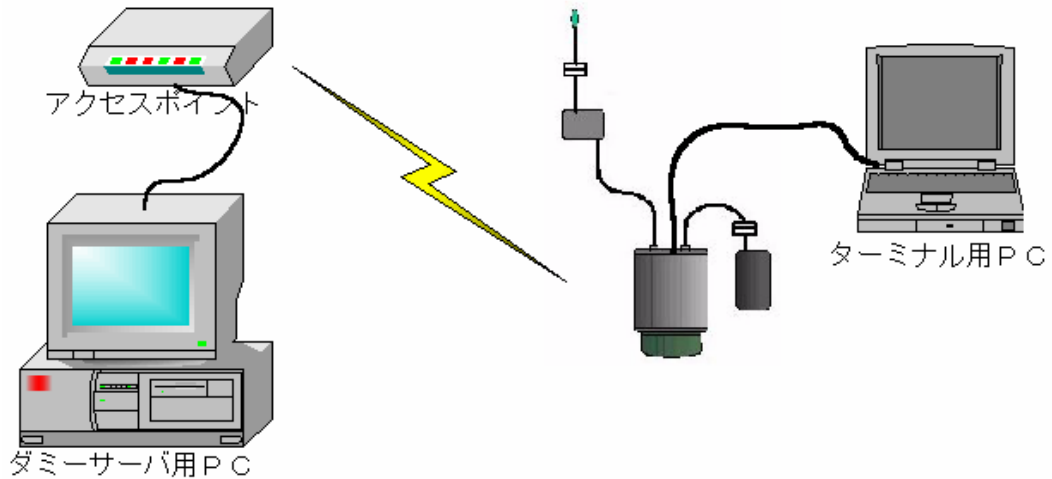


図 1-3-2 動作時間測定系統図

ターミナル用 PC

RS232 経由で IPv6 温度センサーに接続し、センサーの動作モニタに使用。

アクセスポイント

IPv6 温度センサーとダミーサーバを無線 LAN で接続するために使用。

ダミーサーバ用 PC

健康管理装置又は農作物管理装置の代わりに、センサーからの起動通知の受信、起動応答の送信、データのモニタ及びスリープ要求の送信に使用する。

(3)フィールドでの動作時間実験

1 項 IPv6 温度センサーによる温度計測の有効性と同様。

(温度計測と合わせて確認するため。)

3.4 実験実施結果

(1)消費電流

消費電流の測定結果

OS 起動時	600mA
定常時	350mA
スリープ時電流	1mA 以下（計測不能）

電池容量

カタログより、内蔵及び外付けの電池の実行容量は

内蔵電池の容量	620mAh
外部電池の容量	800mAh
合計	1320mAh

消費電流の計算

(ア)起動 1 回辺りの消費電流の計算

IPv6 温度センサーの標準的な 1 回の動作時間は約 2 分である。

そのうち消費電流が大きくなる OS の起動には 30 秒かかっている。

よって起動 1 回あたりの消費電流は

$$\begin{aligned} 600\text{mA} \times 30 \text{ 秒} + 350\text{mA} \times 90 \text{ 秒} &= 49500\text{mA}\cdot\text{s} \\ &= 13.75\text{mA}/\text{h} \end{aligned}$$

(イ)起動回数（データ取得回数）

満充電の内蔵及び外部電池を搭載した状態で IPv6 温度センサーを使用した場合のデータ取得回数は

$$1320\text{mAh}/13.75\text{mAh} = 103 \text{ 回}$$

である。

(ロ)動作時間

データ取得間隔を 10 分、1 時間、6 時間とした場合の IPv6 温度センサーの電池寿命は以下の通り。

10 分	17 時間
1 時間	4.3 日
6 時間	25.75 日

(2)工場での動作時間実験結果

動作時間 5時間9分(データ送信回数106回)

(3)フィールドでの動作時間実験

センサー11動作時間

2/24 14:06~3/1 04:15

110h(データ送信回数113回)

センサー12動作時間

2/24 14:15~3/1 03:04

119h(データ送信回数108回)

センサー13動作時間

2/24 14:10~ 3/2 04:04

134h(データ送信回数139回)

センサー14動作時間

2/24 13:20~ 3/2 14:06

145h(データ送信回数138回)

センサー15動作時間

2/24 13:45~ 3/1 09:44

115h(データ送信回数120回)

3.5 結果と考察

実験結果から、IPv6 温度センサーの動作時間はデータの収集間隔により大きく異なる。温度の測定対象によりデータ取得間隔を長く取れる場合は、間欠動作により寿命を大幅に伸ばせることが確認された。

逆に、10 分間隔でデータを取る場合の寿命は計算上 17 時間で、運用上十分とは考えられない。運用時間の延長方法としては下記の方法が考えられる。

- (1) IPv6 温度センサーの消費電力を下げる。具体的には、機能削減によるデバイスの見直し、最新の低消費電力部品の採用等。
- (2) より大容量の電池を使用する。(但し、容積の増加になる)
- (3) 現在 1 回のデータ送信で 2 分間起動している。ソフトの見直しにより、1 回のデータ送信での起動時間を短くする。

フィールド実験の結果では、工場実験及び計算値より長い寿命を示している。原因としては下記の理由が考えられる。

- (1) 1 時間の間欠動作で電池を休ませながら使用したため電池の寿命が伸びた。
- (2) 電池に個体差がある。
- (3) 工場試験で使用した電池は充放電回数が多かったため、電池が劣化していた。

4 IPv6 温度センサーのその他の評価

4.1 センサー部温度測定精度の予備実験

IPv6 温度センサーで使用するセンサー部が要求仕様（測定精度 0.5 ）を確保していることを確認するために行った予備実験とその結果を下記に示す。

(1) 目的

超小型 IPv6 温度センサーで使用するセンサー部の温度測定精度を確認する。

(2) 試験方法

下記の手順にてセンサー部の温度測定精度の評価を行う。

0 での測定精度評価

氷を使用することにより正確な 0（誤差 0.1 以下）を得ることができる。そのため、0 の基準温度には、氷水を使用する。

センサー部の測温抵抗体(サーミスタ)を氷水(0)に漬け、センサー部の出力値を確認する。センサー部の出力はシリアル出力のため、データの読みとりにはシリアル/パラレル変換を行う試験治具を使用する。

-4 、 20 、 30 、 40 、 44 での測定精度評価

-4 、 20 、 30 、 40 、 44 については、サーミスタの特性式(3 項 (1)参照)から得られる式により各温度における電圧を計算し、その電圧をサーミスタ出力の代わりにセンサー部に入力することにより評価する。センサー部出力は試験治具にて読みとる。

読みとった測定値（電圧の A/D 値）を温度値に変換し、温度測定精度を評価する。

(3) 試験機器
センサー部

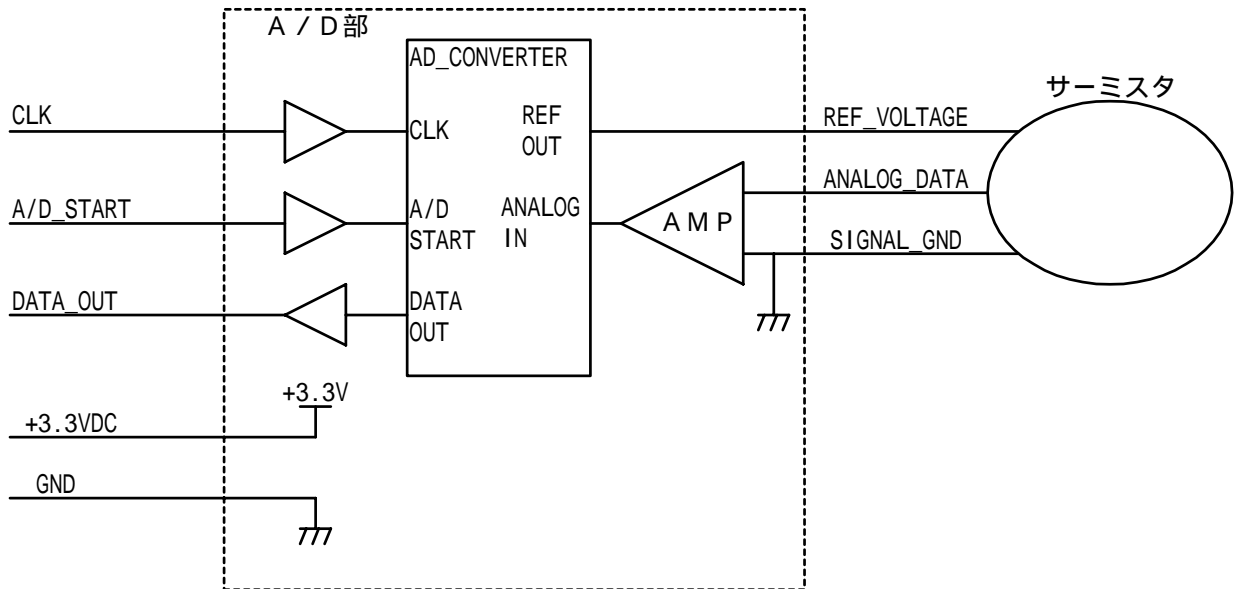


図 2-4-1 センサー部機能系統図

センサー部はサーミスタと A/D 部から構成される。

サーミスタは温度対応した電圧を出力する素子である。サーミスタの詳細は本項(3)による。

A/D 部は、サーミスタからのアナログ信号 (ANALOG_DATA) を A/D 変換しデジタル信号として出力する。A/D_CONVERTER の分解能は 10bit で入力電圧範囲は 0 ~ REF_VOLTAGE(2.5V)である。A/D_START の入力で A/D 変換を行い、CLK に同期して A/D した結果を DATA_OUT へシリアル出力する。

又、サーミスタからの ANALOG_DATA 入力には、AMP が入っていて、サーミスタからの ANALOG_DATA を A/D_CONVERTER の入力に合わせて調整している。

サーミスタ

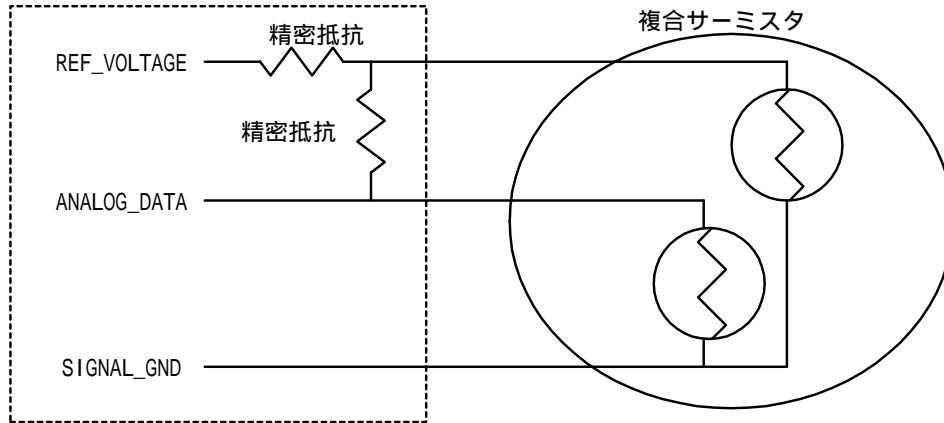


図 2-4-2 サーミスタ機能系統図

今回使用するサーミスタは2つ以上の精密サーミスタを組み合わせた複合サーミスタと精密な金属薄膜抵抗の組み合わせからできている。

その特性は以下の通りである。

$$E_{out} = (-0.0056846E_{in})T + 0.805858E_{in} \dots$$

E_{out} : 出力電圧

T : 温度

E_{in} : 印可電圧

サーミスタ絶対互換精度	±0.15
直線性偏差	±0.065
E_{in} 最大値	3.5V
I_t 最大値	615 μ A
感度	0.0056846 E_{in} /
最小負荷抵抗	1M
時定数	良く攪拌された油中に入れた場合、最大1秒以内 空気中では10秒以内

試験治具

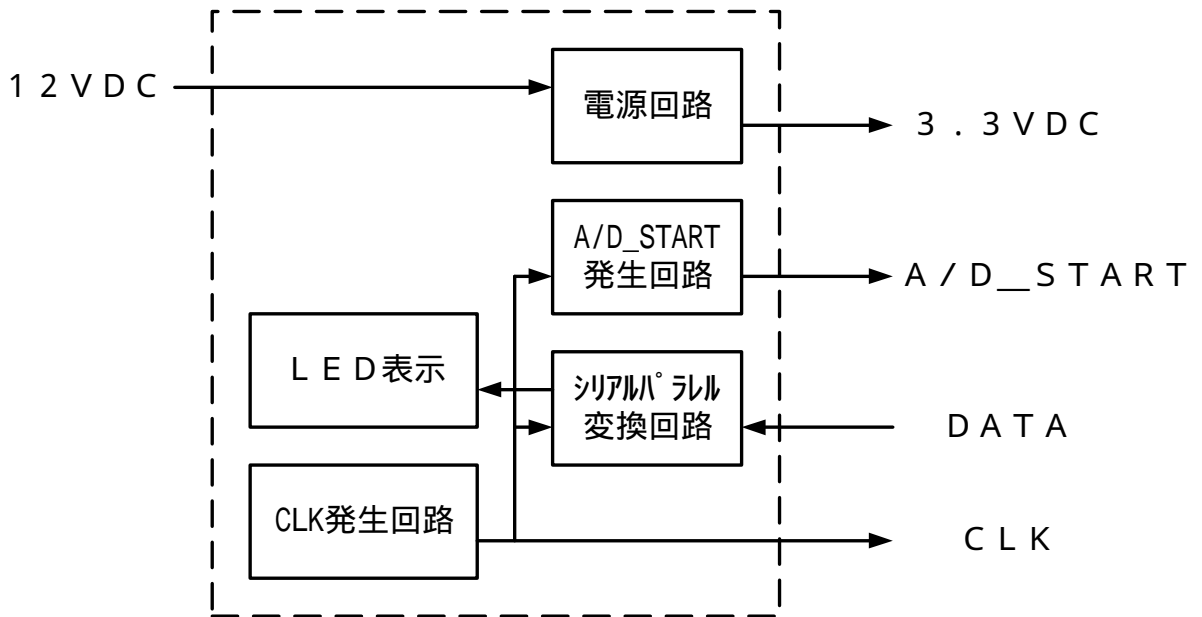


図 2-4-3 試験治具機能系統図

試験治具は、センサー部の調整と評価を行うため専用を用意した治具で、センサー部への電源供給、A/D変換開始信号の出力、CLKの出力及びシリアルで入力したA/D_DATAをパラレル変換し、LED表示する。

(4) 試 験

0 (氷水)での測定精度評価

氷水の温度を計った値を表 2-4-2 に示す。

試験治具の出力値は A/D 変換のデジタル値で、温度に直すためには下記計算を行う必要がある。計算により温度に変換した値を表 4-2-3 に示す。

A/D 値から温度への変換の校正式は以下による。

$$Y = -0.048876X + 45$$

Y : 温度

X : A/D 値

-4 、 20 、 30 、 40 、 44 での測定精度評価

(3) のサーミスタの特性式 から得られる、各温度に対応した模擬入力電圧を表 2-4-1 に示す。

表 2-4-1 模擬温度入力電圧

温度	入力電圧
-4	2.071
0	2.015
10	1.873
20	1.730
30	1.588
40	1.446
44	1.389

(5)試験結果

本試験の結果得られた温度設定値とセンサの出力値を表 2-4-2 に示す。

表 2-4-2 温度設定とセンサ出力値

センサ番号	- 4	0 (氷水)	1 0	2 0	3 0	4 0	4 4
1	1005	922	716	510	304	99	15
2	1005	922	716	510	304	99	15
3	1004	922	717	511	305	99	15
4	1004	922	716	511	305	101	17
5	1005	922	716	510	305	99	15
6	1003	922	716	511	305	100	16
7	1005	922	716	511	306	100	16
8	1005	922	717	511	305	99	15
9	1005	922	717	511	305	99	15
10	1005	922	716	510	304	99	15
11	1005	923	717	511	304	99	15
12	1005	923	717	510	304	99	15
13	1004	922	716	510	304	99	15
14	1005	923	717	511	305	99	15
15	1004	922	716	511	306	100	17
16	1005	923	717	510	304	99	15
17	1003	920	715	511	306	102	18
18	1002	920	716	511	306	102	18
19	1002	920	716	511	306	100	18
20	1005	922	716	511	305	100	16

の測定値と校正式から計算されるセンサー部の測定温度を表 2-4-3 に示す。

表 2-4-3 温度測定値

センサ番号	- 4	0 (氷水)	10	20	30	40	44
1	-4.12	-0.06	10.00	20.07	30.14	40.16	44.27
2	-4.12	-0.06	10.00	20.07	30.14	40.16	44.27
3	-4.07	-0.06	9.96	20.02	30.09	40.16	44.27
4	-4.07	-0.06	10.00	20.02	30.09	40.06	44.17
5	-4.12	-0.06	10.00	20.07	30.09	40.16	44.27
6	-4.02	-0.06	10.00	20.02	30.09	40.11	44.22
7	-4.12	-0.06	10.00	20.02	30.04	40.11	44.22
8	-4.12	-0.06	9.96	20.02	30.09	40.16	44.27
9	-4.12	-0.06	9.96	20.02	30.09	40.16	44.27
10	-4.12	-0.06	10.00	20.07	30.14	40.16	44.27
11	-4.12	-0.11	9.96	20.02	30.14	40.16	44.27
12	-4.12	-0.11	9.96	20.07	30.14	40.16	44.27
13	-4.07	-0.06	10.00	20.07	30.14	40.16	44.27
14	-4.12	-0.11	9.96	20.02	30.09	40.16	44.27
15	-4.07	-0.06	10.00	20.02	30.04	40.11	44.17
16	-4.12	-0.11	9.96	20.07	30.14	40.16	44.27
17	-4.02	0.03	10.05	20.02	30.04	40.01	44.12
18	-3.97	0.03	10.00	20.02	30.04	40.01	44.12
19	-3.97	0.03	10.00	20.02	30.04	40.11	44.12
20	-4.12	-0.06	10.00	20.02	30.09	40.11	44.22

(6) 考 察

0 でのセンサー部の精度

氷の 0 基準での測定結果から、0 地点でのセンサー部の精度は 0.11 以下 (表 2-4-3 より) で要求値 0.5 以下に対し十分な精度を持っていると考えられる。

20、30、40 での測定精度

測定結果から設定温度からの測定値の最大のずれは 0.16 以下 (表 2-4-3 より) であった。

(7) 温度設定誤差

模擬温度の設定電圧の測定に使用した電圧計は、精度 $\pm 1\text{mV}$ であった。

(3) のサーミスタ特性式 から、1mV 電圧がずれた場合の温度設定のずれは、0.071 であることが計算できる。

(1) 直線性偏差

模擬温度の設定値は、(3) のサーミスタ特性式 から計算している。

本式では電圧と温度の関係は正比例となっている。しかし、実際のサーミスタの特性は直線では無いため特性式から導いた電圧には誤差がある。

その誤差はサーミスタの直線性偏差 0.065 以下であると考えられる。

(ウ) A/D 変換誤差

本 A/D コンバータは -5 ~ 45 を 10ビット (0 ~ 1023) で A/D 変換する。よって A/D 変換誤差が 0.049 ある。

よってセンサー部の温度測定精度は

$$0.16 + 0.71 + 0.065 + 0.049 = 0.345$$

であり、0 ~ 40 の範囲で要求値 0.5 以下の性能を満足すると考えられる。

又、センサー部の測定データはデジタル信号で出力されるため、センサー部以降の処理で誤差が発生することは無い。よって IPv6 温度センサーとして 0 ~ 40 の範囲で精度 0.5 以下を満足すると考えられる。

4.2 牛体温測定の前準備実験

牛の体温測定は通常、直腸にて行われる。しかしながら牛の排泄行為のため直腸に長時間センサーを入れることはできない。I P v 6 温度センサーの牛の体温測定箇所として、尾付け根の裏側を選定した。

直腸と尾裏側での温度測定の再を確認するため行った実験と結果を以下に示す。

(1) 目的

直腸での体温測定と尾裏側での体温測定の差異を確認する。

(2) 試験方法

サーミスタを牛の直腸内及び尾裏側に取り付け、温度を測定する。
の状態を牛を歩行させ温度を測定する。

(3) 試験環境

牛体温測定の前準備実験の系統図を図 2-4-4 に示す。

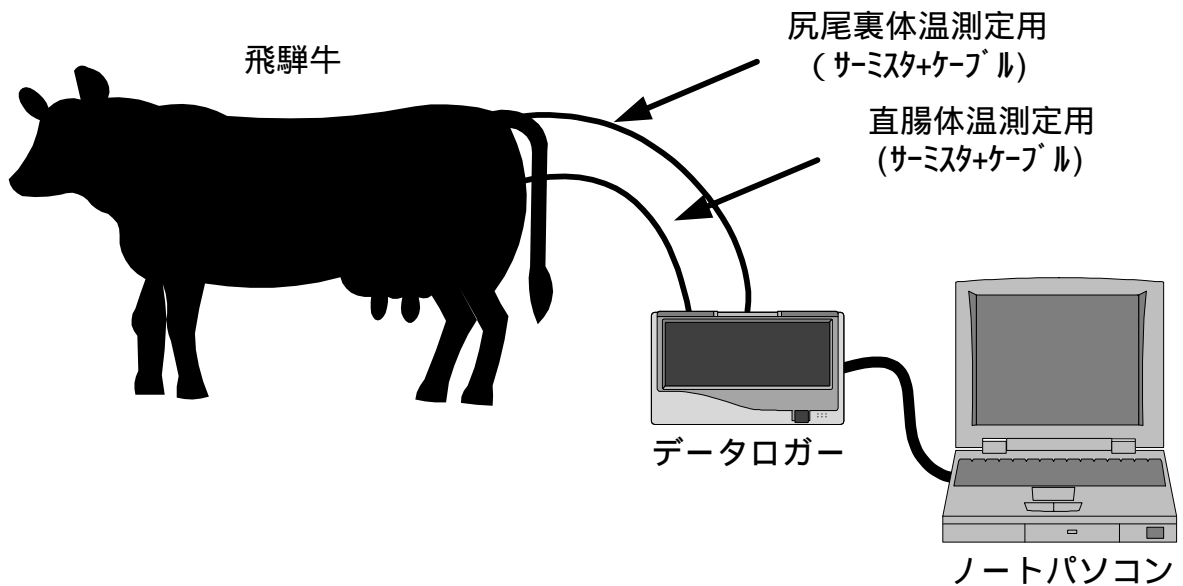


図 2-4-4 体温測定の前準備実験系統図

下記機材は下記の通り。

サーミスタ

4.1 項(3) による。

データロガー

キーエンス社製 NR-250

ノートパソコン

ソニー製 PCG-505

(4) 試験結果

牛の直腸及び尾裏側での温度測定結果を図 2-4-5 に示す

(0~64 分頃までは、センサーの取り付け作業中のデータである)

歩行状態での直腸及び尾裏側での温度測定結果を図 2-4-6 に示す

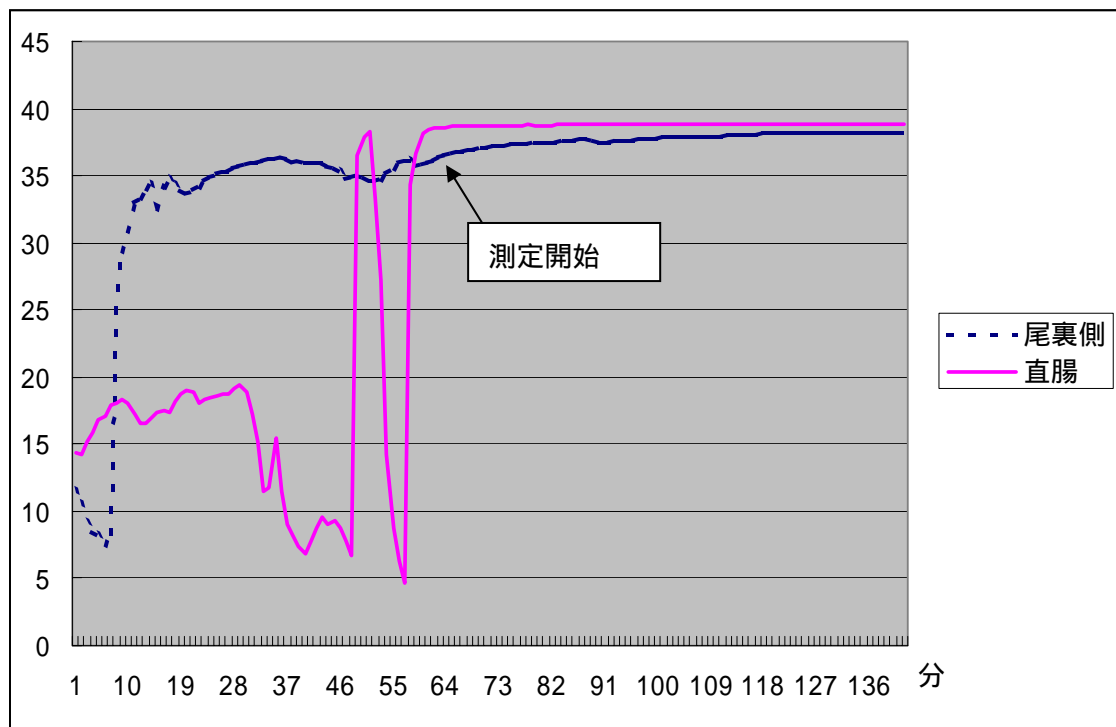


図 2-4-5 直腸と尾裏側での体温測定結果

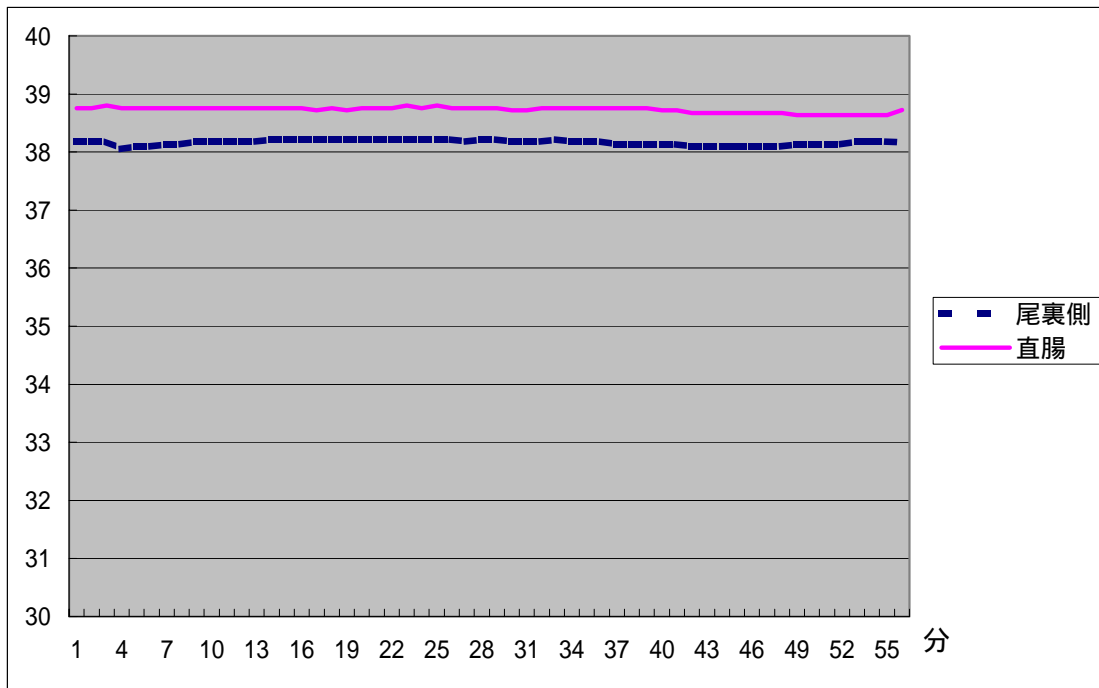


図 2-4-6 直腸と尾裏側での体温測定結果（歩行中）



写真 2-4-1 体温測定実験



写真 2-4-2 歩行中の体温測定写真

(6) 考 察

図2-4-5のグラフで見ると尾裏側に置いたサーミスタは温度が安定するまでに10分程度かかっていることが解る。その後直腸と尾裏側での体温測定の結果その差は 0.6 程度で安定している。直腸では温度が安定するまでの時間は1分以下である。これは直腸内のセンサは、周囲の温度が初めから体温で安定しているのに対し、尾裏側では気温の影響を受けていて周囲温度(取り付け治具等)を含めて温度が安定するまで時間がかかるためと考えられる。牛の尾が下がってサーミスタが牛の尾と尻に挟まれた状態では、10分程度で温度が安定し正常に測定できるが、牛の尾が尻から浮いた状態では外気の影響を受けることが予想される。図2-4-6のグラフでみると牛を歩行させても安定した測定ができています。このことから尾裏側の測定でも概ね安定した測定ができると思われる。

4.3 L S Iチップ化に向けた改善点の検討

今回、開発した IPv6 温度センサー（体積約 60cc）を、更に小型化するためには LSI チップ化が必要である。ここでは、実証実験から得られた IPv6 温度センサーの改善点を元に LSI チップ化のための検討を行った結果を示す。

(1) 目的

今回開発した IPv6 温度センサーの改善点を元に LSI チップ化するための検討を行う。

(2) IPv6温度センサーについて

今回の開発した IPv6 温度センサーは、開発期間が非常に短いという条件があったため既存の無線 LAN モジュール（CF タイプ）を使用している。そのため、制限、検討課題が多くあり、これにより CPU ボード開発を含めた、IPv6 温度センサー開発が大きく左右された。

以下に、今回開発した IPv6 温度センサーの制限と検討結果を示す。

- ・ 大きさ : 今回は無線 LAN モジュールをベースに 60cc に入る設計を行なった。
- ・ 防滴性 : 無線 LAN モジュール自体には、防滴性が無いため、弊社でシーリングを実施。
- ・ アンテナの出し方 : 外部アンテナを付ける方法を検討したが、既存品のため、対応できるメーカーが無く、断念した。

(3) 無線 LAN モジュールの開発

IPv6 温度センサーを更に小型化するには、既存品である無線 LAN モジュールを使用する場合、(2) に挙げた制約、課題が発生するため、無線 LAN モジュールの新規開発が必要であるが、そのメリット、デメリットを検討しなければならない。以下に、メリット、デメリットを示す。

・ メリット

ボードからの開発のため、より小型化が可能。

CF カードサイズにこだわらなくて良い

温度センサとしてのケーシングで防滴構造とできるため、無線 LAN モジュールで実施する必要がない。

アンテナを温度センサケースの外に出せるため、電波状態が多少良くなる

・ デメリット :

多くの開発費用、開発時間が必要

無線 LAN チップセットの購入契約が必要のため、費用が発生。

無線 LAN チップからの開発だと 項の通り。

小型化は可能だが、電波等の干渉を考えると CPU ボードとは、別にする必要がある。

(小型化できるか?)

無線LANチップ、CPUボードをデジアナ混在チップとし、小型化を図るか？
その際、OSは何を使用できるか？、ネットワーク系（IPv6、MobileIP、IPsecなど）
の実装は可能か？
技術基準適合証明を取得する必要あり。

(4) IPv6温度センサー小型化（チップ化）の課題

以上を踏まえ、IPv6温度センサーのチップ化における課題を示す。

無線LANモジュール（又は）チップの開発。

項に合わせたCPUボードの開発。

、 項に合わせたOSや各実装モジュール、アプリケーションの開発。

実装する機能の見直し。（不必要かつ、未確定仕様の機能は削除）

多大な開発費用、開発時間が必要。

技術基準適合証明を取得。

場合によっては、防水ケースの開発。

(5) まとめ

以上のように、LSIチップ化するための課題は、幾つもあるが、IPv6温度センサーを1
つのシステムとしてみた場合、長時間運転を可能にするためには、バッテリーの容量など、
電源部分の検討も必要である。

5 農畜産業従事者に対する安心感の向上

5.1 実験要求事項

IPv6 温度センサーを装着する牛を飼育する牧場と従来の牧場とを比較し、遠隔監視の実現による農家の労働時間に与える影響及び労働の難易度の変化、外出先からの確認による安心感の向上等についてヒアリング・アンケートにより検証する。

5.2 実験仕様、手順

農畜産業従事者に対する安心感の向上実証実験システムとして、肉用牛遠隔監視システム（岐阜県畜産研究所設置）およびビニールハウス遠隔監視システム（萩原洋蘭園）を設置する。

(1) 岐阜県畜産研究所での安心感の向上実証実験

肉用牛遠隔監視システムを岐阜県畜産研究所に設置し、IPv6 温度センサーを岐阜県畜産研究所の牛に装着した上で、モニターとなる岐阜県畜産研究所の研究員に健康管理クライアント装置を使用してもらい、健康管理装置に蓄積された牛の体温、及び肥育牛用牛舎に設置されたカメラによる牛舎内の牛の状況を本館から把握する。さらに、獣医にも健康管理クライアント装置を使用してもらい、遠隔診断を実施してもらう。

一定期間経過後、研究員にアンケートを実施する。

(2) 萩原洋蘭園での安心感の向上実証実験

ビニールハウス遠隔監視システムを萩原洋蘭園に設置し、IPv6 温度センサーを萩原洋蘭園所有のビニールハウスに設置し上で、農家クライアント装置を使用してもらい、農作物管理装置に蓄積されたビニールハウスの温度を把握する。さらに萩原洋蘭園の生産者の外出時に、甲府駅前に設置されたモニターシステムからもビニールハウスの温度を確認してもらう。

一定期間経過後、生産者にアンケートを実施する。

アンケートの設問を以下に示す。

体温、室温等、温度の遠隔監視が出来るようになったことで、作業全般に関して良くなった点、悪くなった点はありますか？（遠隔監視が可能になる前と比較して）

良くなった点

・

悪くなった点

・

5.3 実験実施環境

(1) 実験実施場所

- ・ 岐阜県畜産研究所 (肉用牛遠隔監視システム)
- ・ 山梨県 萩原洋蘭園 (ビニールハウス遠隔監視システム)

(2) 実験実施環境構成図

5.2 項を実施した実験環境の構成図を図 2-5-1、図 2-5-2 に示す。
遠隔監視システムの画面例を、資料 4-3 に示す。

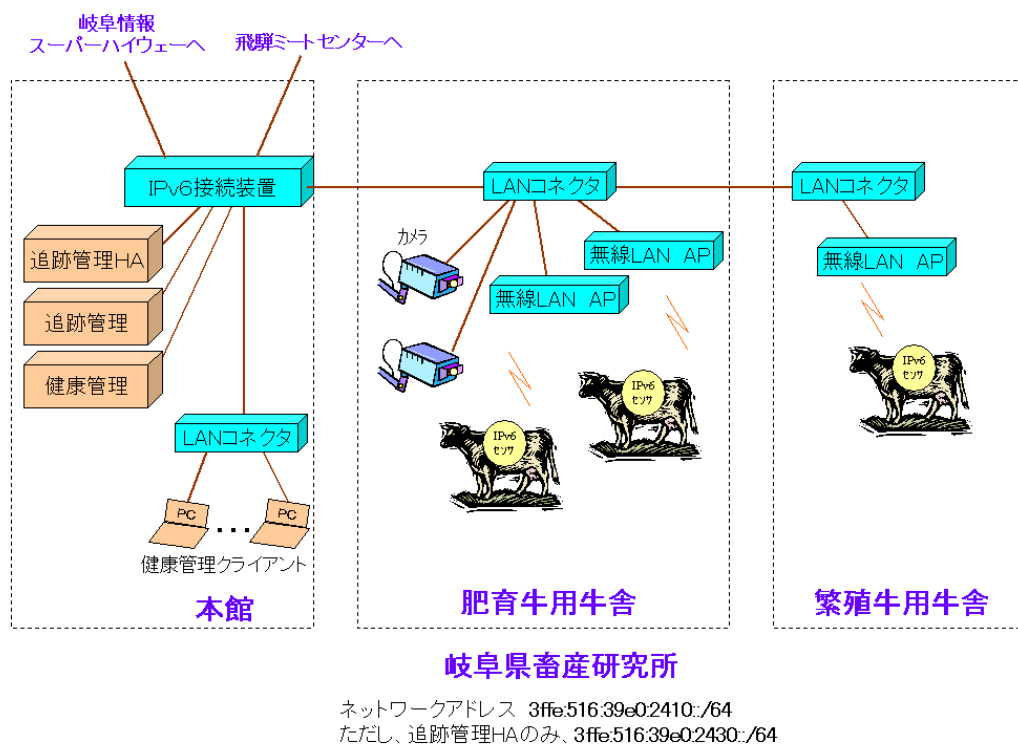


図 2-5-1 肉用牛遠隔監視システム構成 (岐阜県畜産研究所設置)

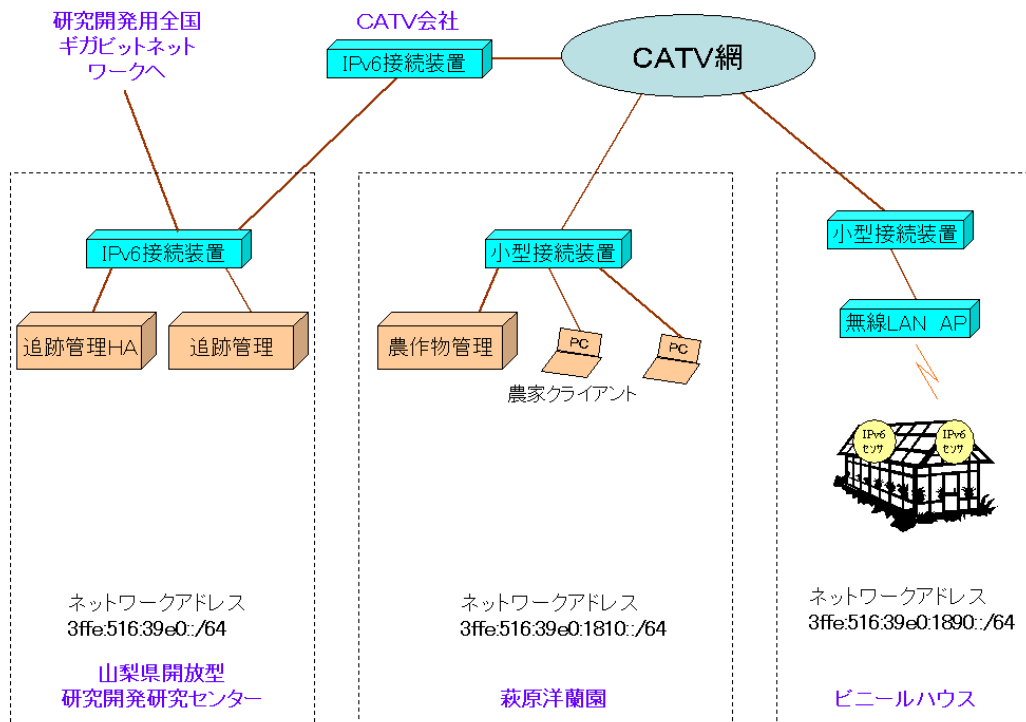


図 2-5-2 ビニールハウス遠隔監視システム構成（萩原洋蘭園設置）

5.4 実験実施結果

実験結果を、以下に示す。

なお、回答サンプル数は、肉用牛遠隔システムが 11、ビニールハウス遠隔監視システムが 2 である。（複数回答有り）

(1)肉用牛遠隔監視システム

良くなった点として、以下の結果が得られた。

- ・カメラによって牛舎の様子が良く把握でき、牛の異常が早く発見可能になった。
- ・実際に 24 時間のデータ採取が可能となれば、重要な健康管理指標の体温データを常時得ることの意味は大きい。
- ・牛の個体管理が瞬時に分かる。
- ・目でわからない健康状態がわかる。
- ・事故がなくなる。
- ・個体（牛）の温度が分かれば、健康状態がわかる
- ・多頭飼育の管理が良くなる。
- ・省力化が図れた

- ・ 個体の健康状態の把握が可能になった。
- ・ 牛舎までの移動時間を気にせずちよくちよく様子を見られる
- ・ 監視のための移動が省略できる

悪くなった点として、以下の結果が得られた。

- ・ コストが、かかるのでは？
- ・ センサーの装着、再装着、チェック等により、牛にストレスを与えること

獣医による遠隔診断の結果

農家の牛を、獣医が遠隔診断する場合、従来の方法では、

- ア) 農家からなんらかの異常がある旨の連絡がある。
 - イ) 電話等で農家から患畜の症状を聞き取る。
 - ウ) 聞き取った症状等から患畜の重篤度、緊急性を判断する。
 - エ) 農家に対処方法を指示する、または、必要であれば想定される病気・ケガに対応する治療器具・薬品等を持って農家に向かう。
 - オ) 農家で直接患畜を診察し、治療する。
- という対応である。

カメラ画像による遠隔診断を行った結果、イ)の農家からの聞き取りの際、農家の申告のみでなく、カメラ画像により詳細に症状を判断することが可能と思われる。従って、ウ)における「症状の的確な把握」と、「緊急性の判断」、「適切な指示（応急処置等）」をより正確に行うことができる。

具体的には、

- ・ おなかが膨れている
- ・ 鼻水がでている
- ・ 元気がない
- ・ 食欲がない
- ・ 挙動不審
- ・ 呼吸が激しくなっている
- ・ 涙が出ている
- ・ 糞便の性状・色がおかしい
- ・ 運動障害がある

など、外見上で判断できることについてはかなり判断できると思われる。

また、農家が見落としていることも、画面上で発見できる可能性もある。

症状をよりの確に判断できるため、治療に必要な器具・薬品をより確実に持っていくことができる。

ただし、咳など音声に関する情報はわからないし、皮膚・毛のつやなどについては診断しかねる。また、夜間の診断では、牛舎に明かりがないため判断できない。

カメラ画像例を、写真 2-5-1 に示す。



写真 2-5-1 カメラ画像から取り込んだ写真（牛の鼻の状態例）

(2) ビニールハウス遠隔監視システム

良くなった点として、以下の結果が得られた。

- ・自宅に居ながら、温度確認が出来ることは便利
- ・自宅に居ながら温度を監視できるので労力の軽減になる
- ・いつでもどの時間帯でも温度が把握できてよい

悪くなった点として、以下の結果が得られた。

- ・現時点では、分からない

5.5 結果と考察

(1) 肉用牛遠隔監視システムについて

肉用牛に温度センサを装着したことによる良くなった点として、瞬時に健康状態を把握できるようになった、個体管理が行えるようになった、省力化が図れたなどの結果が得られた。また、悪くなった点として、コストが掛かる、牛にストレスを与えるなどの結果が得られた。

以上の結果から、生産者の1頭あたりに掛かっていた体温測定時間の短縮（従来の方法では、1頭あたり10分掛かる。）労力の軽減（牛舎までの移動時間、温度計測対象の頭数や頻度による計測作業合計時間）が図れたことが窺える。また、常時監視が出来るようになったことで、データをもとにした管理ができるため、体調の悪い牛や発情などの見落としも少なくなり、生産性の向上と経済的な損害の軽減が図れるという効果、マニュアル作成も可能となるため、牛を飼いやすくなり、畜産への新規参入しやすくなるという効果が期待できる。

獣医による遠隔診断の結果からも、常時監視が有効で有ることが分かった。しかしながら、システム導入にはコストが掛かるため投資効果が得られるよう

にする工夫（低価格で導入できる、監視機能を増やす、など）が必要である。

(2) ビニールハウス遠隔監視システムについて

ビニールハウスに温度センサを装着したことによる良くなった点として、自宅に居ながら温度確認が出来る（従来の方法では、1日当たり温度計測に費やす時間は、100分掛かっていた。）いつでも確認が出来る、どの時間帯でも確認出来る（温度センサ設置前は、1日3回の計測）などの結果が得られた。

以上の結果から、生産者の温度測定に掛かっていた時間の短縮、労力の軽減が図れたことが窺える。

6 牛や農作業に与える影響

6.1 実験要求事項

IPv6 温度センサーが牛の活動やビニールハウスにおける農作業に支障を与えていないかどうか、牛の目視観察及びモニタ農家・牧場へのヒアリング・アンケートにより検証する。

6.2 実験仕様、手順

牛や農作業に与える影響確認の実証実験システムとして、肉用牛遠隔監視システム（岐阜県畜産研究所設置）およびビニールハウス遠隔監視システム（萩原洋蘭園）を設置する。

(1) 岐阜県畜産研究所での牛に与える影響の実証実験

肉用牛遠隔監視システムを岐阜県畜産研究所に設置し、IPv6 温度センサーを岐阜県畜産研究所の牛に装着した上で、温度データの収集を行う。研究員が、温度センサーを取り付けた牛の行動を観察し、温度センサー取り付け後の状態を確認する。

一定期間経過後、研究員にアンケートを実施する。

(2) 萩原洋蘭園でのビニールハウスにおける農作業の支障の実証実験

ビニールハウス遠隔監視システムを萩原洋蘭園に設置し、IPv6 温度センサーを萩原洋蘭園所有のビニールハウスに設置した上で、温度データの収集を行う。生産者が、温度センサーを取り付けたハウスの中で作業を行い、温度センサー取り付け後の作業状況を確認する。

一定期間経過後、生産者にアンケートを実施する。

アンケートの設問を以下に示す。

温度センサーを取り付けた、肉用牛または、ビニールハウスに対する影響はありますか？

（取り付ける前と比較して）

良い影響

・

悪い影響

・

6.3 実験実施環境

(1) 実験実施場所

- ・ 岐阜県畜産研究所（肉用牛遠隔監視システム）
- ・ 萩原洋蘭園（ビニールハウス遠隔監視システム）

(2) 実験実施環境構成図

5.2 項を実施した実験環境の構成図を図 2-6-1、図 2-6-2 に示す。
IPv6 温度センサーの取り付け状態を、写真 2-6-1、2-6-2 に示す。

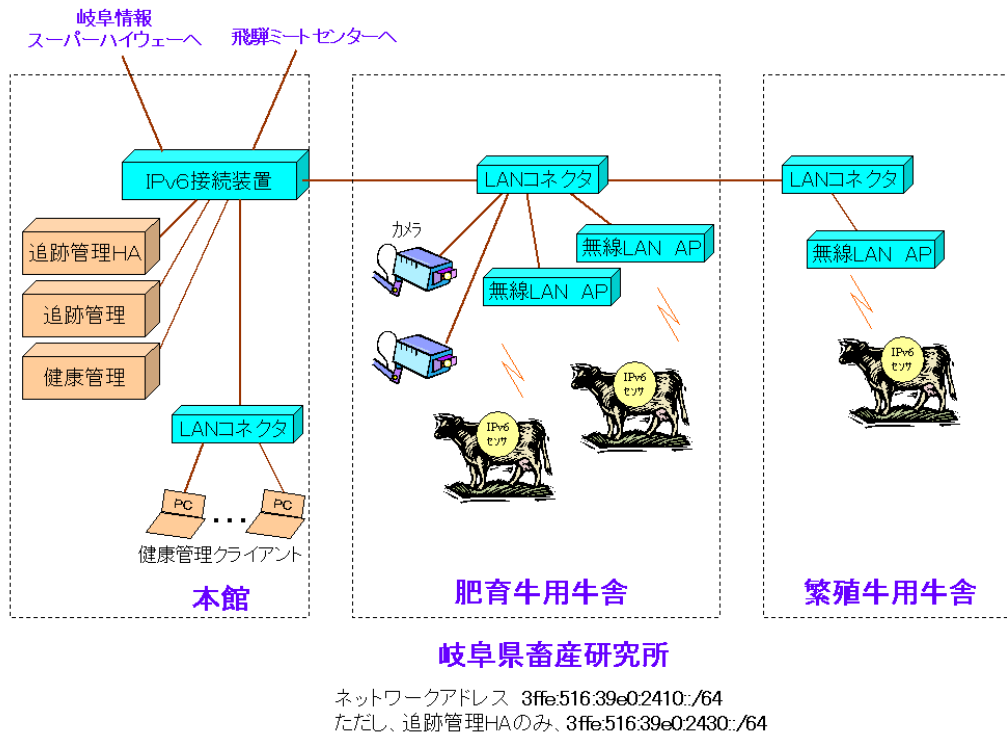


図 2-6-1 肉用牛遠隔監視システム（岐阜県畜産研究所設置）



写真 2-6-1 IPv6 温度センサーを装着した牛

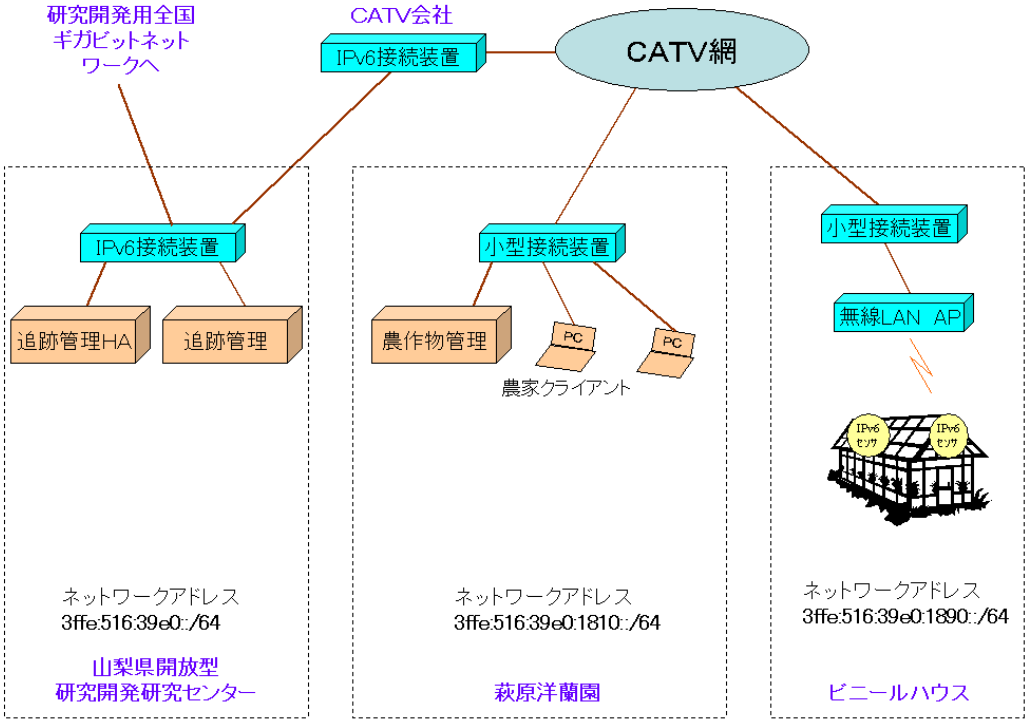


図 2-6-2 ビニールハウス遠隔監視システム（萩原洋蘭園設置）

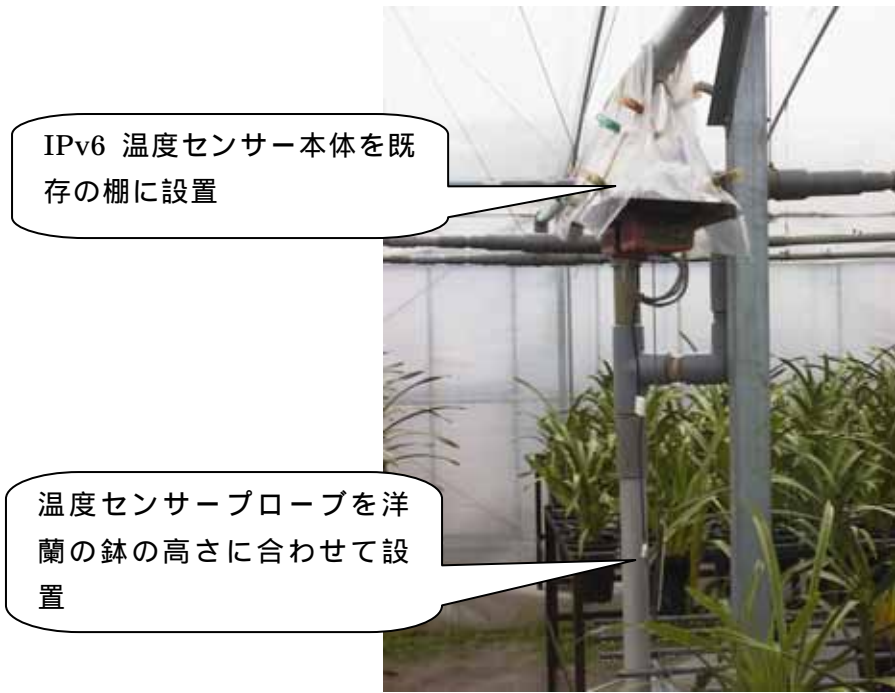


写真 2-6-2 ビニールハウスに IPv6 温度センサーを設置

6.4 実験実施結果

アンケート調査結果を以下に示す。

なお、アンケート調査サンプル数は、肉用牛遠隔システムが 10、ビニールハウス遠隔監視システムが 2 である。(複数回答有り)

(1)肉用牛遠隔監視システム

良い影響

- ・ 個体管理 (2 名)
- ・ 生産に結びつく情報は、継続して記録し解析する必要があり、現時点ではそこまで達してないが可能性はある
- ・ 採食等、日常行動は変化が無い (食欲の減退等は見られない)

悪い影響

- ・ 特になし (装着具を取り付けることで、何らかのストレスの影響を心配したが、特に感じられず安心した。ただし、興味をそそられいたずらする牛がいるため、その点に対する対策が必要)
- ・ センサーの機能維持のためバッテリー交換が増えると牛の捕獲ストレスが増えて増体、肉質に悪影響が出ると考える。
- ・ ストレスを感じるのでは？
- ・ 牛にストレスを与える。特に何度も人がはいることで横臥時間が減少し、逃げ回ることによって不必要な運動をする。

- ・特に、取り付け初期のセンサーへの興味による牛の行動。

(2)ビニールハウス遠隔監視システム

良い影響

現時点では、分からない

悪い影響

現時点では、分からない

6.5 結果と考察

(1)肉用牛遠隔監視システムについて

肉用牛に温度センサーを装着したことによる影響として、牛にストレスを与えると考える研究員が、多く見られた。(研究員の40%)実際にストレスが出ているかどうかについては、継続して観察するととも、と畜後の肉質検査を行って、従来の平均的結果との比較が必要と思われる。

また、温度センサー取り付け初期の肉用牛の行動に、変化が見られた(センサー装着具への興味)が、時間経過とともに通常状態に戻っていったので、肥育期間(平均20ヶ月)全体から見れば、非常に短期間なので、肉質への影響は少ないものと思われるが、実際に肉質検査を行って見ないと影響の度合いは不明である。ただし、今回実験対象になった牛群のボスが、牛群の最下位牛に装着したセンサー装着具に非常に興味を持ち、装着具内部に実装していた温度センサーのケーブルを噛み切ってしまうという事故が発生した。試行錯誤の上、製作した装着具であるが、更に材質、色、大きさなどに検討の余地があると思われる。

(2)ビニールハウス遠隔監視システムについて

生産者の回答は、良い影響、悪い影響とも、現時点では分からないという内容であった。今回、IPv6温度センサーを設置した場所は、写真2-6-2に有るように、既存の棚を利用しているので、今までの作業環境と変わらないため分からないという回答になったと思われる。

更に生産者に、「IPv6温度センサーの設置位置や、数が増えた場合はどうか?」と、ヒアリングしたところ、「鉢を、夏季に高地へ移動する作業等により鉢をセンサーにぶつけ傷めてしまう可能性が有る。」という回答だった。防水、強度について考慮した開発を行ったが、強度については、更に考慮の余地が有るかもしれない。

洋蘭の場合、苗から育て商品として出荷するまで3年という期間が必要なため、今回の実証実験の期間、時期では、このような結果となった。

7 その他（社会的）

7.1 結果と改善点

ヒアリング・アンケートによる社会的検証の結果としては、遠隔監視システムの導入により、農作業の効率化（現場に行かなくても状況が把握出来るため作業時間の短縮が可能）、管理状態の高度化（常時監視が出来る）、ネットワークに繋がっていただいどこからでも監視出来る（安心感の向上）が図れる、という効果があることが検証できた。

また研究員、生産者から以下の意見があがった。

- ・作業中のカメラ映像を不特定多数の人に見せるのは、考慮すべき。（作業員へのストレスがある）
- ・子牛や繁殖牛に関しても監視できると発情発見・子牛の健康管理、分娩管理に大きなメリットがある。
- ・携帯電話への情報通知。
- ・（温度センサーが）もっとコンパクトで装着が簡単に。
- ・一目で分かるモニタ表示であればより一層よい。
- ・設置してあるパソコンの音が少し気になる。

これら意見も踏まえて、遠隔監視システムの今後の改善点として、以下を上げる。

(1)牛等の生体へのストレス低減対策

牛への影響（ストレスなど）を低減するためには、人が牛に触れる機会を減らす必要がある。そのためには、センサーの省電力化を図り電池交換の周期を延ばすことが重要である。また、長時間稼働可能な容量を持つバッテリーの選択も検討が必要である。あわせて、牛へのセンサー装着によるストレス低減も検討する。

(2)監視対象（範囲、項目）の拡大

生産者の農作業効率化のために、監視対象（肉用牛以外）および項目（温度以外）の拡大を検討する。

(3)データの表示、通知方法

今回の遠隔監視システムの表示は、PCディスプレイであったため、じっくり見るには都合が良いが、一目で分かるような方法を検討する。また、外部への通知方法についても検討する。

(4)遠隔監視システムの静音対策

いわゆるパソコンなどと違い、遠隔監視システムは24時間稼働が基本であるため、農家という一般家庭と同じ環境に監視システムを設置する場合は、深夜でも、運転出来るように騒音対策された機材の選択や、システムの設置方法（消音ボックスに格納など）を検討する必要がある。

これらの改善点をクリアすることで、生産者によりメリットの多いシステムになると考えられる。