

## 第3章 小電力データ通信による子供の安全確保モデルシステムの構築

### 1 子供の安全対策に必要な条件

#### (1) 既存システムの課題

第1章第1節において、学校関係者・保護者へのニーズ調査の結果より、平常時には、登下校や外出時に子供を見守り、子供の居場所を確認するのに使用でき、緊急時には、子供からの緊急連絡が確実に保護者や学校へ伝達され、関係者の間で情報が共有されるようなシステムへのニーズが明らかになった。

第1章第2節では、全国で行われている子供の安全対策の実例として、不審者情報や危険等を通知するサービスや、携帯電話・PHS等を利用した子供の安全・位置確認サービスが普及しつつあり、電子タグ等を利用した校門や通学路等通過の動態把握も実用が始められている現状を把握した。

しかしながら、そうした既存のシステムは、様々な課題も抱えている。

ここでは、ニーズを汲み取り、課題を整理するなかで、更なる安全性の向上を図るシステムの構築に向けて、子供の安全対策に必要な条件を導き出す。

まず、ニーズを大きく2点に分け、それに対応する既存システムの課題を整理する。

#### 子供の安全・位置把握に対応するシステム

平常時には、登下校や外出時に子供を見守り、子供の居場所を確認したいというニーズを実現するためのシステムの条件に、求められるものとは何か、既存システムの課題をふまえながら、次のように検討した。

#### (ア)子供1人1人を識別できること

見守りをするにあたっては、子供1人1人を識別できることが不可欠である。

既存システムのなかには、ポイント通過時に画像・映像を撮影し、子供が誰なのか、確実に本人が通過したかどうかを確認できるようなシステムもあるが、セキュリティやプライバシーの問題がある。そうした課題が生じないように、例えば、端末にIDを付与し、1人1人の子供と合致させて、見守り者が確実に把握できるシステムが望ましい。その際、端末の読み損ないや読み間違い等が生じないようなシステムが求められる。

#### (イ)子供が携帯するのに支障がない大きさ・重さ、低価格、低負荷のシステム

子供に端末を持たせるにあたっては、子供が携帯するのに支障がない大きさ・重さであること、幼稚園・学校等の特定集団全員に保有させることができる価格であること、学級単位、学校単位等で、多数の子供が端末を保有したとしても、ネットワーク構成やシステムの動作等に支障のないシステムであることが条件となる。

#### (ウ) 子供の位置をいつでもどこでも特定できること

既存システムのなかには、屋内や地下等では使用できないもの（GPS等）、サービスやシステムの特性上、カバーエリアが限定されるもの（携帯電話等）、端末の電波発射源を特定する範囲が広く、子供の位置を絞り込みきれないもの（旧来の無線技術等）があり、そうしたシステム特性上の制約を極力減らしたシステムに期待がかかる。

見守りをするにあたっては、子供の位置を、いつでもどこでも、特定できることが不可欠であり、更に、子供の位置をより狭い範囲まで絞り込めるよう、より特定の精度の高くなるもの、例えば、無線技術を用いる場合、無線で通信できるエリアを小ゾーン化したシステム等が望ましい。

また、子供の位置や状態（安全か異状か）はもちろん、子供の通過経路や動態等が把握できるようなシステムが求められる。更にいえば、行き先や時間に規則性がない場合（放課後等）であっても対応できるようなシステム、例えば、自由なネットワーク構成が可能なものがより望ましい。

#### (I) 安定して長時間動作できるシステム

子供や子供の居場所の特定を常に確実にするためには、例えば、無線通信等により、すべての子供の端末が常にネットワークに接続可能な環境を構築しておく必要がある。そして、安定して長期間動作できるシステムであることが不可欠である。

#### 不審者情報や危険等の通知・情報共有に対応するシステム

異状時には、子供からの緊急連絡が、保護者や学校へ確実に伝達されるようにしてほしいというニーズを実現するシステムには、どのような条件が求められるかを検討する。

#### (F) 異状を確実に判別できること

そもそも、どのような状態を異状であるとするのかによって、システムの設定やシステム自体の選定も変わってくる。

子供が、自分のおかれている状態を通常とは異なる状態であると判断し、保有する端末を動作させる既存のシステムがある（防犯ブザー等）。しかし、子供がいざというとき動作させられるかどうかという不安が残る。また、平常時であるにもかかわらず、子供がいたずらで動作させる場合も想定でき、見守り者に過度な負担を強いることになる。他方、いざというときに動作できるよう、操作が簡便でなければならない。

こうした課題が生じないシステムとしては、子供がいつもの場所にいないとき、集団から一定以上離れたときなど、通常とは異なる状態を、子供の保有する端末が異状であると判断し、自動発信するようなシステムがある。

さらに、子供の異状は、子供の端末からの発信だけに頼るのではなく、管理サーバに蓄積された子供の位置情報を分析することによっても検知できるシステムや、

見守り者に携帯端末を持たせることにより、子供と見守り者でネットワークを構成でき、見守り者が子供をリアルタイムに見守ることができるようなシステムであれば、より効果を発揮すると考えられる。

## (2) 子供の安全対策に必要な条件

子供の安全対策には、多様なニーズがあり、「標準システム」を示すことは難しいが、更なる安全性の向上を図るようなモデルシステムの構築に向け、子供の安全確保に必要な条件は何か、検討する。

具体的には、特に要望されているが、既存システムにおいては課題が残る、「子供の動態把握・逸脱検出・行動確認」に焦点をあて、それを実現するシステムの条件を、(1)の検討結果のなかから抽出する。子供の安全確保対策のための動的な把握を容易に行える条件を抽出すると、以下のとおりとなる。

子供が携帯するのに支障のない大きさであること（小さいこと）
どこでも子供1人1人を常時識別できること
子供の位置が確認できること
集団から逸脱したことが判別できること
1学年約100～200名程度の人数に対応できること
多くの端末が利用できるような安価であること
長時間の安定した動作が可能であること
屋内でも屋外でも利用できること
ネットワークにより見守り者へ通知できること

## 2 モデルシステムの技術的な機能

### (1)モデルシステムの技術的な機能

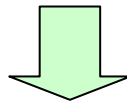
第1章第1節では、学校関係者・保護者へのニーズ調査の結果より、子供の安全確保のためのシステムに対するニーズが明らかになった。第2章では、ユビキタスネットワーク技術の開発動向から、有用なシーズを抽出した。第3章第1節では、ニーズに沿って、既存システムの課題を整理しながら、子供の安全対策に必要な条件を導き出した。

ここでは、子供の安全対策に必要な条件から、モデルシステムの技術的な機能の要求仕様を検討する。

第3章第1節で整理した条件を、技術的に対比・整理すると以下のとおりとなる。

#### 子供の安全対策に必要な条件

子供が携帯するのに支障のない大きさであること（小さいこと）  
どこでも子供1人1人を常時識別できること  
子供の位置が確認できること  
集団から逸脱したことが判別できること  
1学年約100～200名程度の人数に対応できること  
多くの端末が利用できるよう安価であること  
長時間の安定した動作が可能であること  
屋内でも屋外でも利用できること  
ネットワークにより見守り者へ通知できること



#### モデルシステムの技術的な機能の要求仕様

小型・軽量  
ID（端末番号）の付与  
無線で通信できるエリアの小ゾーン化  
無線で通信できるエリアからの逸脱検出  
接続端末数（200端末程度）  
大量生産での低廉化  
長時間動作可能  
自由なネットワークの構成  
インターネット等のネットワーク接続

次に、前述の検討内容を述べる。

#### 小型・軽量

「子供が携帯するのに支障のない大きさであること(小さいこと)」という条件から、「小型・軽量」という要求仕様が導き出される。

子供の動態把握のためには、子供に端末を持たせることが不可欠であるが、端末が大きければ、子供の行動を阻害してしまい、端末を携帯しないことにつながってしまう。また、必要以上に端末を意識させてしまうと、常に監視されているような印象を与えかねず、子供にとって精神的な負担とならないように配慮する意味でも、小型化や、端末を意識させないような形状が求められる。

#### ID(端末番号)の付与

「どこでも子供1人1人を常時識別できること」という条件から、「ID(端末番号)の付与」という要求仕様が導き出される。

見守りにあたっては、子供1人1人を識別できることが不可欠である。加えて、端末の読み損ない等がなく、いつでも識別できなければならない。

#### 無線で通信できるエリアの小ゾーン化

「子供の位置が確認できること」という条件から、「無線で通信できるエリアの小ゾーン化」という要求仕様が導き出される。

無線の到達距離が短距離であれば、子供の位置をより狭い範囲まで絞り込んで特定するという用途からみて、むしろ好ましい。

GPSでも、子供の位置を把握できるが、屋内・地下街等では利用できない。子供の安全対策には、子供がどこにいても位置を把握できることが不可欠であるため、今回のモデルシステムにはそぐわない。

#### 無線で通信できるエリアからの逸脱検出

「集団から逸脱したことが判別できること」という条件から、「無線で通信できるエリアからの逸脱検出」という要求仕様が導き出される。

子供が保有する端末を動作する既存のシステムには、いざというとき子供が動作させられるか等、課題もある。そのため、子供の保有する端末の方で、集団から一定以上離れた距離を通常とは異なる状態であると判断し、自動発信するように設定可能なシステムが求められる。

#### 接続端末数(200端末程度)

「1学年約100~200名程度の人数に対応できること」という条件から、「接続端末数(200端末程度)」という要求仕様が導き出される。

学校・学級単位等で、特定集団全員に持たせたいというニーズからすると、多数の子供が端末を保有していても、ネットワーク構成やシステムの動作等に支障のないシステムであることが求められている。

#### 大量生産での低廉化

「多くの端末が利用できるような安価であること」という条件から、「大量生産での低廉化」という要求仕様が導き出される。

汎用性等があり、大量生産での低廉化が十分期待できるシステムが求められる。

#### 長時間動作可能

「長時間の安定した動作が可能であること」という条件から、「長時間動作可能」という要求仕様が導き出される。

#### 自由なネットワークの構成

「屋内でも屋外でも利用できること」という条件から、「自由なネットワークの構成」という要求仕様が導き出される。

子供がどこにいても、いつでも子供の動態を把握したい、緊急時に確実に連絡をとりたいというニーズからすると、カバーエリアが限定されることなく、屋内でも屋外でも利用できることが不可欠である。

#### インターネット等のネットワーク接続

「ネットワークにより見守り者へ通知できること」という条件から、「インターネット等のネットワーク接続」という要求仕様が導き出される。

これにより、種々のネットワークとの接続が可能になる。

PC に基地局がつながっており、インターネットに接続されていれば、見守り者の携帯電話等にメールで子供情報を知らせることが可能になる。

### 3 試験機の概要

ここでは、第3章第2節で述べた「モデルシステムの技術的な機能の要求仕様」を満足させる、試験機の概要について、以下に述べる。

#### (1)製品名

クロスボー株式会社 Mote MICAz MPR2400J 2.4GHz  
(IEEE802.15.4 準拠、ZigBee®版 日本国内技適)

#### (2)ハードウェア

仕様

(ア)マイクロコントローラ：ATMega128L 7.37MHz、8bit

(イ)メモリ：プログラム用 128 KB; SRAM 4 KB

(ウ)無線周波数：2.4GHz

(エ)通信方式：IEEE802.15.4

(オ)無線通信チップ：Chipcon 社 CC2420

(カ)通信速度：250 kbps

(キ)符号化・変調方式：DSSS 符号化、O-QPSK 変調

(ク)アンテナ：半波長ダイポールアンテナ

(ケ)電源：3V (単3電池2本)

(コ)電力モード：

- ・高電力モード (HPモード)：無線は常時起動
- ・低電力モード (LPモード)：無線は通常スリープ状態で、定期的に起動して無線信号を確認
- ・超低電力モード (ELPモード)：ルーティングできないため末端ノードのみ駆動

(サ)寸法：62×35×27mm

(シ)重さ：75g



図 3.3-1 MPR2400J 外観

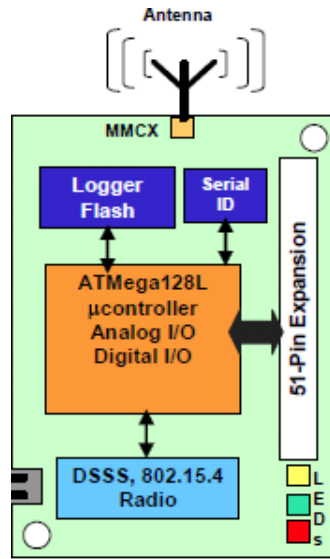


図 3.3-2 機能ブロック

表 3.3-1 IEEE802.15.4準拠 MPR2400J無線チャンネル 単位：GHz

チャンネル	下限周波数	中心周波数	上限周波数
11	2.404	2.405	2.406
12	2.409	2.410	2.411
13	2.414	2.415	2.416
14	2.419	2.420	2.421
15	2.424	2.425	2.426
16	2.429	2.430	2.431
17	2.434	2.435	2.436
18	2.439	2.440	2.441
19	2.444	2.445	2.446
20	2.449	2.450	2.451
21	2.454	2.455	2.456
22	2.459	2.460	2.461
23	2.649	2.650	2.651
24	2.469	2.470	2.471
25	2.474	2.475	2.476
26	2.479	2.480	2.481



### (3)ソフトウェア

ソフトウェア構成 (MoteWorks)

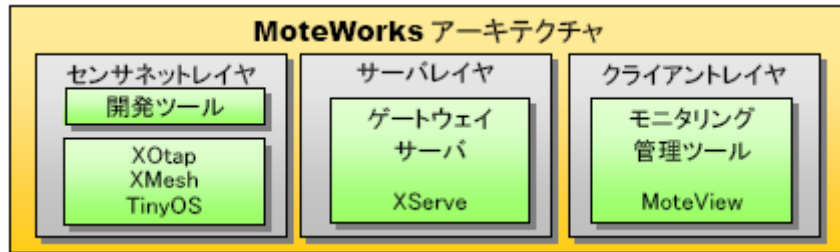


図 3.3-3 ソフトウェア構成

Xotap：無線ネットワーク経由でノードのプログラム更新するソフトウェアである。  
TinyOS：無線センサネットワーク用のオープンソースの OS である。

センサネットレイヤ：XMesh

無線センサネットワーク用のプロトコルスタックであり以下の機能を有する。

- (ア) 末端ノードだけでなく中継ノードも電池駆動できるフルメッシュ・センサネットワークを構成できる。
- (イ) アドホックによるネットワーク自律構成・自己修復機能及びノードの追加や消失に対しても自動対応が可能である。
- (ウ) 頻繁に変化する無線通信状況に対しても、動的に最適経路を選択する。

サーバレイヤ：XServe

無線センサネットワーク用のサーバ（基地局）ソフトである。ネットワーク内の各ノードから送られてくるデータを USB / シリアルポート / LAN 経由でパソコンに取り込みさまざまなインタフェースへ変換する。

クライアントレイヤ：MoteView

無線センサネットワーク用の GUI アプリケーションで、センサ値のグラフ表示、ロギング、Eメール自動通報、ルーティングマップ、ノードへのプログラム書込み等の機能を有する。

### (4)主な特徴

マルチホップ

直接通信できない端末同士でも、お互いの通信範囲に存在する別の端末を経由することで情報伝達が可能。

自律構成

人の介在なしで、ネットワーク構成が可能。

#### 自己修復

ネットワークのリセットなしで、ネットワークノードの自動追加と削除が可能。

#### 動的経路選択

動的ネットワーク環境(リンク品質、ホップカウント、変化率、その他)に基づき、適応経路選択が可能。

#### 末端ノードと中継ノードの機能

全てのノードが中継ノードとなることが可能。

#### 電池駆動

電池駆動制御と組み合わせることで、長寿命、容易な配置が可能。

#### 低消費電力モード

高電力モード(HPモード)以外に、低電力モード(LPモード)、超低電力モード(ELPモード)が選択可能。

## 4 モデルシステムの構成

近距離無線通信技術の類似技術として、「ZigBee」、「Bluetooth」、「無線LAN」、「電子タグ」が考えられることから、第2章第2節では、これらの技術の特徴について、比較検討を行った。また、第3章第2節では、「モデルシステムの技術的な機能の要求仕様」を導き出し、第3章第3節では、それを満たす試験機について述べた。

ここでは、子供の安全対策に活用する効果的な技術として選定した、簡便で周波数利用効率の高い小型の試験機「小電力データ通信システム」を活用した、児童の動態把握、集団からの逸脱把握、通過経路の確認を可能とするモデルシステムを構成し、その有効性についての検証を行う。

以下に、構成した「動態把握モデルシステム」、「逸脱検出モデルシステム」、「行動確認モデルシステム」の概要・イメージを示す。

## (1) 動態把握モデルシステム

### 概要

学校での児童の休憩時間等の動態を把握するために、児童1人1人を識別するIDを付与した子機（試験機）を児童が携帯し、学校内の各エリアに設置した固定の中継機で感知し、親機に接続した職員室等のPCにより、どの児童が学校内のどこにいるかを把握する。

### 動態把握イメージ

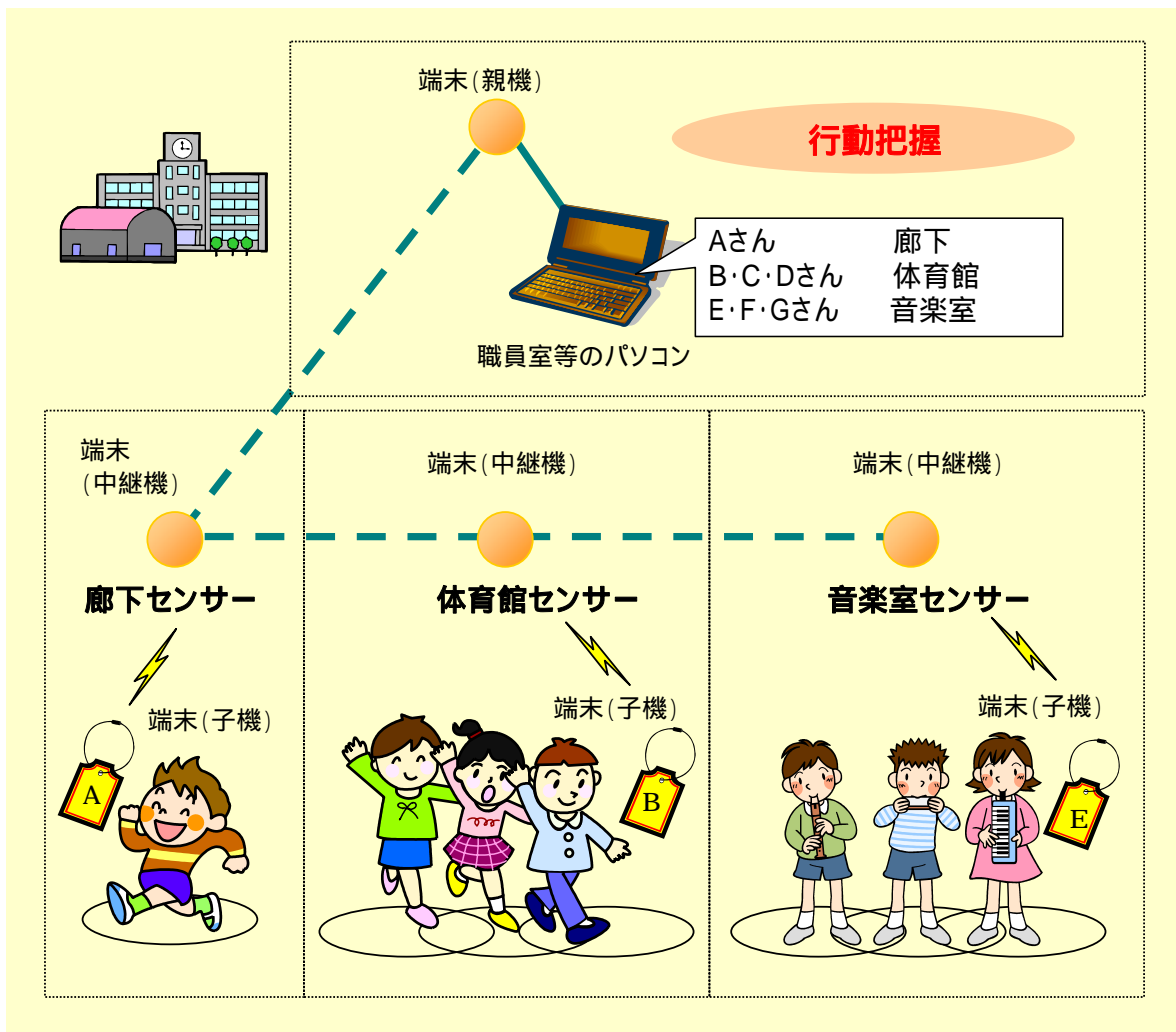


図 3.4-1 動態把握イメージ

## (2) 逸脱検出モデルシステム

### 概要

学校の遠足の行き帰りや休憩場所等で、児童1人1人を識別するIDを付与した子機を携帯した児童が、集団から逸脱したときに、先生が携帯する親機と接続したPCのアラームが鳴り、どの児童が逸脱したかを知らせる。

### 逸脱検出イメージ



図 3.4-2 逸脱検出イメージ

### (3)行動確認モデルシステム

#### 概要

1人1人を識別するIDを付与した子機(試験機)を携帯した児童が、学校から下校したときに、校門付近に設置した固定の中継機を経由して情報伝達し、親機に接続したPCから、保護者もしくは先生の携帯電話へ下校メールを送信し、その行動を通知する。

#### 行動確認イメージ

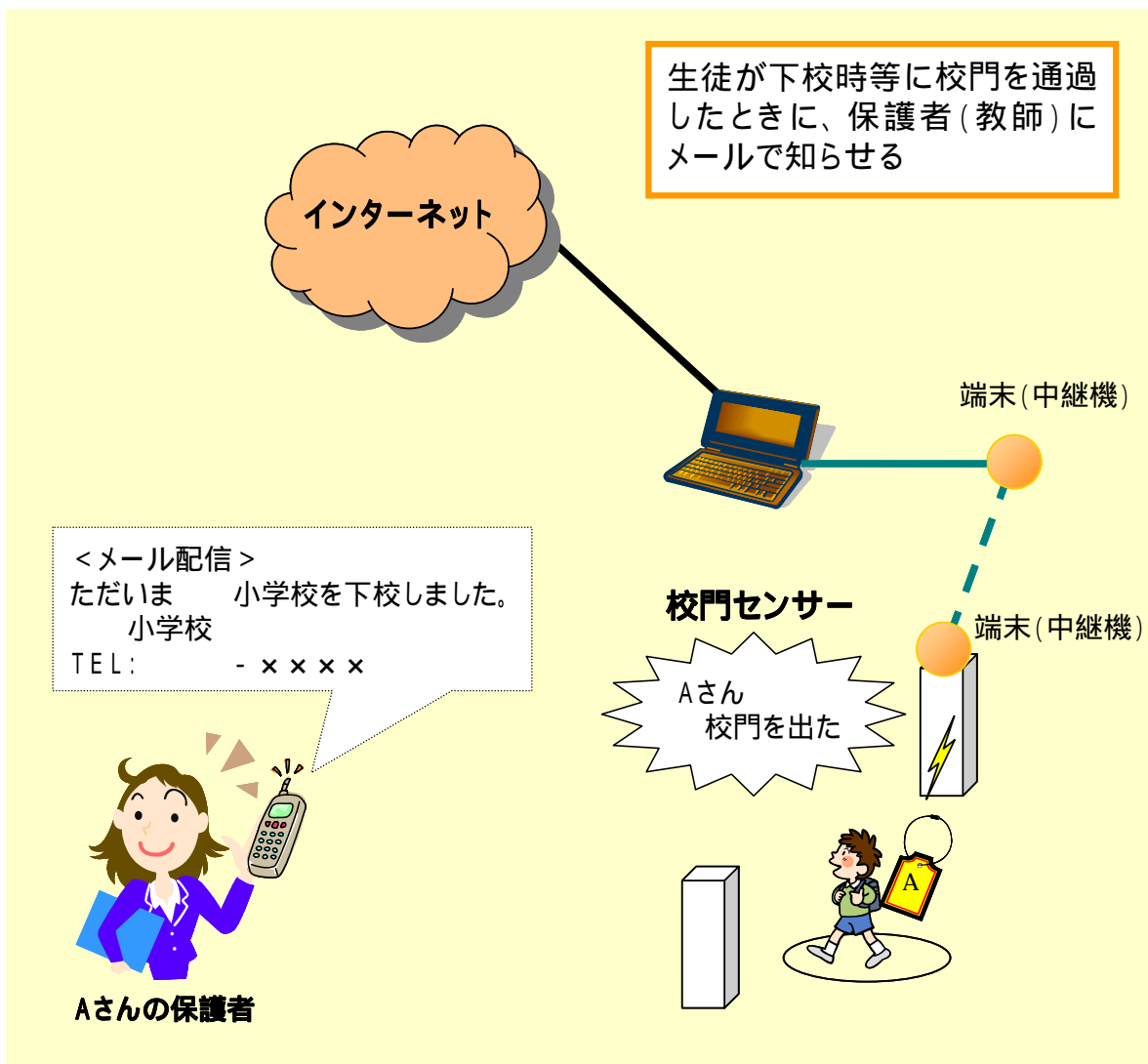


図 3.4-3 行動確認イメージ