

第2章 超高速無線のニーズ

本章では、今後更なる高速無線技術を必要とする分野として、アクセス・ホームネットワーク、放送素材伝送分野、高精細映像分野を取上げ、それぞれの分野の第一人者からご講演をいただきヒアリングを実施するとともに、どのような場面で超高速無線が必要とされるか、そのニーズを取りまとめた。

2-1 分野別の動向

(1) アクセス・ホームネットワーク

講演概要

- 今後、アクセスシステム（ビジネス、家庭）の高速化の要求は飛躍的に高まる。
- 特にテラヘルツに代表される超高速無線技術を活用したアクセス回線はセキュリティ確保などを前提に利用が拡大していく。
- この超高速通信の世界が進展すれば、圧縮技術などに頼ってデータ伝送を行う必要が無

(テーマ) 超高速・広帯域アクセス方式の展望

(講師) 日本電信電話株式会社 アクセスサービス研究所
光アクセスシステムプロジェクト

次世代アクセス方式グループ 木村秀明 グループリーダー

- くなる。生のままのデータ伝送、すなわち伝送遅延を意識しない大容量データ伝送が可能となる。結果として、距離・時間差を意識しないような空間共有が可能となる（リアル空間共有）。また、ストレージ集約効果などにより、設備利用効率向上、消費電力削減などが行われる空間共有が可能となる（データ空間共有）。
- このための実現課題としては、有線系（光ファイバ）の更なる高速・広帯域化と低遅延化と、有線・無線のシームレス化がポイントである。今後、有線／無線方式、アクセス系／コア系の連携を含めた新たな適応型ネットワークアーキテクチャーの構築を行っていく。

質疑応答

- 光電子集積回路（OEIC）技術についてもう少し説明をお願いしたい。
→光と電気をワンチップのICにするには、①PLC（石英導波路）ベース、②化合物ベース、③シリコンベース（シリコンフォトニクス）の三つの方式がある。光と電気を一体化してある基盤に実装することはできるが、電気は安く、光は高い。コストの違いはプロセスにある。光でも低コストでできないかという発想で、CMOSの中にPD（半導体）レーザを利用。
- 低遅延について、もう少し説明をお願いしたい。
→ネットワークの遅延は伝送路。現状、伝送路の遅延は30ms程度。携帯電話の音声は150msの遅延も許容されるが、ゲーム業界では5ms程度を求められている。しかし、途中で信号処理をすると5msというのは無理がある。

圧縮等のコーデックに関わる遅延がなくなり、100Gbps 級のネットワークが実現できれば、新たな世界と課題が生まれる。

○今後、利用可能な光帯域が足りなくなるのか。

→今のまま広帯域化が進むと、光帯域は足りなくなる。光ファイバの場合、帯域が数 THz あっても実際には半分も使えない。しかし、特に符号分割多重化 (CDM) 技術であれば、数 THz の帯域もほぼそのまま使える。

○無線は面倒な配線から開放される等メリットがある一方で、盗聴や暗号解読による情報漏えいの危険性や、屋外では雪や風の影響を受け安定した通信ができていく等の問題点も指摘されているのはご存知のところ。「ユーザーインターフェースはオール無線化」は、少し書き過ぎのような気がする。もちろん無線には無線ならではのメリットがあるため、利用用途によってはこれからも大きく拡大していくと思う。

→利用者は無線があれば有線は使わない。例えば携帯電話があれば固定電話使わない。

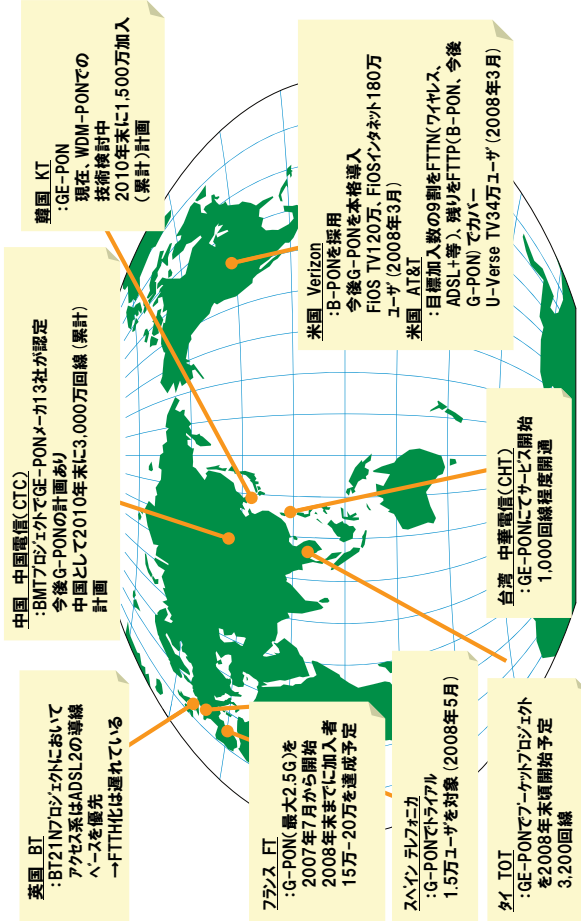
ヨーロッパにある FMC (有線通信・移動体通信を組み合わせた電気通信サービス) の拡大版サービス (FMS) は家の中及びその周辺で携帯電話を使っても使用料は有線と同じ料金。ただし、無線はセキュリティ面では弱く、セキュリティを担保した上でないと使えない。サービス内容によって、テラヘルツ波なのかコグニティブ無線なのかフレキシブルにいろんな動きに対応できればよい。ソフトウェア無線が消えていった経験を踏まえて、利用者の無線ニーズをとらえた研究開発を進めたい。



超高速・広帯域アクセス方式の展望

2009年10月27日
日本電信電話株式会社
アクセスサービスシステム研究所
光アクセスシステムプロジェクト
次世代アクセス方式グループ
木村 秀明

世界におけるFTTH展開状況



はじめに



本資料は、急速に発展、普及を遂げてきた光アクセスシステムの歴史を振り返るとともにアクセスシステムの将来像について簡単にまとめたものである。

世界における現在のFTTHの展開状況を示すとともに、従来あまり検討されていなかったFTTH普及に伴い考慮する必要性が増した将来のアクセスシステムへの要求条件を明確化している。

また、高速・広帯域化、拡張性等の要求条件をクリア可能な光アクセスシステムとして波長多重技術(WDM)を用いたシステムについていくつかの例を参考に方式を説明する。

さらに、WDM型アクセスシステムをベースとした、現在、我々が検討している将来の光ネットワーク像を紹介する。

付録として、WDM型アクセスシステムを実現する上でキーである、デバイス技術および装置開発状況について簡単にまとめた資料を添付している。

アクセスシステムへの要求条件

1. 背景 (社会/技術)

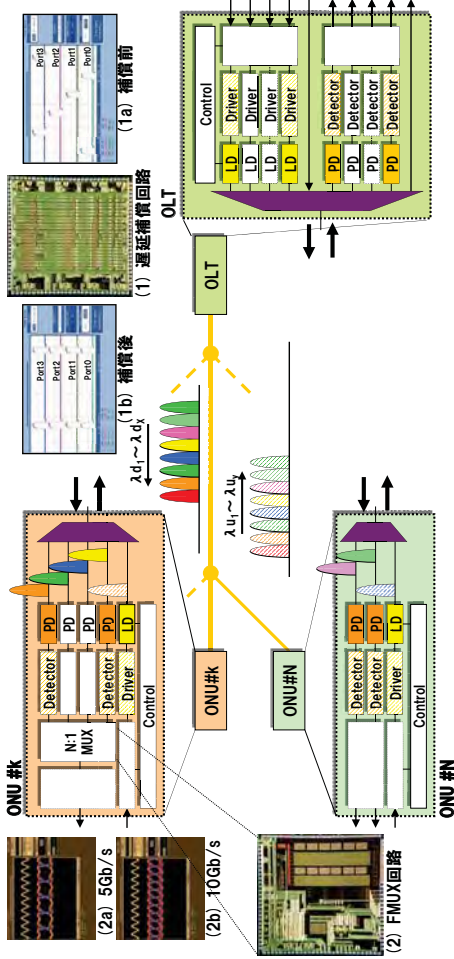
- (1) ダイミックスレンジ拡大
光サービスの加速度的普及は、ユーザ利用形態の多様・多様化を招いている。
利用帯域がダイミックスレンジ拡大(数kb/s~数100Mb/s)
- (2) クリーンICTの潮流
家電~電力系まで、エネルギー利用効率の向上、省電力化が加速。
高速・広帯域化とは相反する低電力化を要する必要性。
- (3) ユーザビリティ、リアリティ向上
無線アクセスと光アクセスとの連携強化
- (4) O/EIC技術の再考
20年程度前に高速・広帯域化、低コスト化に向け研究開発が盛んであったO/EIC技術が復活?

2. NW要求条件

- (1) NWの信頼性
- (2) 将来におけるNWの発展性・拡張性
- (3) 新サービス・アプリケーションへの対応
- (4) NW保守・運用性
- (5) 経済性
- (6) 省電力性
- (7) 共通(各種デバイス技術の進展の考慮)

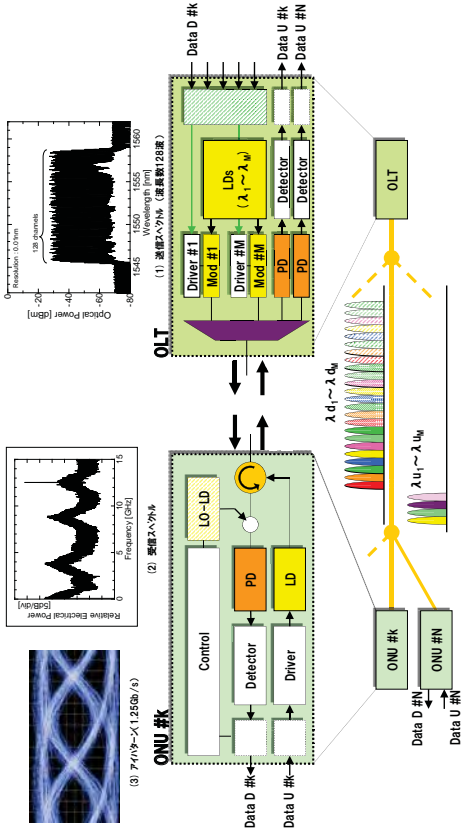
本技術は、シリアルパラレル(SP)変換を用いることで、**光増幅器等の光子ハイス追加無しに既存GE-PONの高速・広帯域化(>10Gb/s)を実現**とするアクセスシステム伝送技術である。また、WDM技術によりユーザ多重、サービス多重および帯域変更が容易である特徴も有する。

- NGb/s×M波(N=2.5,10,40 M=4,8)：現状、2.5Gb/s×4波(最大10Gb/s)提供可能
- 波長分散遅延補償技術：9.6nssec以上の遅延補償
- 可変多重回路(FMUX)技術：任意のサービス速度を任意のポートに出力
- TDM/WDM連携帯域制御技術：拡張帯域可変技術
- 波長スロットによるコア系連携技術：将来の高速・低遅延NW実現に向けた技術



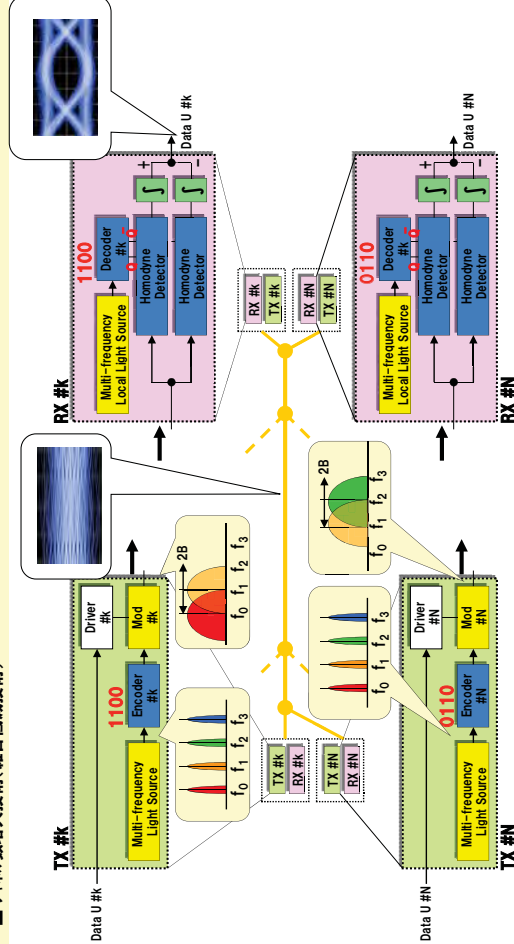
将来のアクセスNWの超大容量化および**100波以上の映像分配を提供可能な光FDM(Frequency Division Multiplexing)技術**を用いたNW基盤技術。

- ヘテロダイン検波による高帯域帯域技術：アクセス系の長延化可能
- WDM/FDM連携による経済的アクセスNW延長技術
- 光波共有化によるシステム経済化技術：上り信号と局発光の共有
- 波長チューブ技術：局発光により任意の光信号を選択可能



将来のアクセスNWで将来予想される**光波長帯域の有効利用およびセキュリティ向上**に向けた光CDM技術を用いたNW基盤技術

- OFDMによる周波数利用効率向上技術
- ヘテロダイン検波技術
- チャネル数増大技術(雑音低減技術)



本報告では、光アクセスシステム技術に関して、研究開発の歴史を振り返りながら簡単に説明した。ネットワークの超高速・広帯域化は、新たな世界としてリアル空間共有とデータ空間共有という世界を生み出し、ビジネスモデルも大きく変化させる可能性がある。実現課題として、有線系の高速・広帯域化および低遅延化はもちろん、ユーザパリティという観点から無線/有線のシームレス化が重要である。

電気デバイス技術の進展とともに高速・広帯域化が進んできたTDM技術をベースとしたアクセスシステムも速度限界が見え始めてきており、さらなる高速ネットワークサービスの提供には、WDM技術の適用が不可欠となっている。

WDM技術は、高速・広帯域化に適するのみでなく、無線をはじめとするサービス多重等異なるプロトコル特性を持つサービスの提供に適しているとともに、グリーンICTという観点からもネットワークの省電力化も期待できる。

今後は、有線/無線方式、アクセス/コア系連携を含めた新たな適成型NWアーキテクチャの構築が重要と考えられる。

(2) 放送分野

(テーマ) 番組制作現場における無線のニーズ

(講師) 関西テレビ 制作技術局制作技術部 松岡 泰助 主事

講演概要

- 現状の伝送の説明。高精細度（HD）伝送は主に、有線同軸、光回線、固定点間無線、及び移動体無線の方法がある。
- 現状の無線伝送では、伝送容量が最大60MbpsのためHD伝送には圧縮が必要で、圧縮に伴う遅延や画質の劣化が問題である。
- テラヘルツ波には、遅延の問題、画質の問題を解決できるものになる可能性がある。
- さらに、従来より装置の小型化、省電力化が可能のため、カメラに搭載するなどが考えられる。
- テラヘルツの特徴を踏まえ、在阪テレビ局を中心にアンケートを実施した結果の報告
 - ・HD伝送の非圧縮低遅延伝送、多チャンネル伝送、2K、4K、3Dなど将来のHD伝送への発展性や、ファイル転送時間の短縮が期待される。
 - ・距離が10km程度という制限を超えるものであって欲しい。長距離伝送であれば、20km～30km程度の伝送距離が欲しい。
 - ・野球中継、ゴルフ中継、競馬中継、マラソン中継などスポーツ番組、またはスタジオ内での回り込み撮影などの音楽番組や、報道緊急中継においてワイヤレスカメラとして利用したい。
 - ・映像、音声伝送のみでなく、制御信号の同時伝送、双方向伝送を行いたい。
 - ・高画質化だけでなく、スーパースローカメラのようなコマ数の多い映像のワイヤレス化に使える。
 - ・受信システムも可能な限り安価でシンプル、広範囲可能なものに期待。現状よりコスト増に繋がるものは不可。
 - ・報道取材では、一時期に伝送が集中する。ファイル伝送を高速化できる可能性があり、転送時間の短縮が見込まれる。
 - ・無線ということで、傍受・混信などクリアすべき課題も多く、有線に勝るかどうかがかぎ

【アンケートまとめ】

- ・現行HDを超えるフォーマットに対して有効
- ・テラヘルツ波の弱点（伝送距離が短い、降雨に弱い、送受の芯が取れないと不安定）の克服が必須
- ・現状のマイクロ波と同様、各放送局に固有の周波数が割り当てられることを期待

質疑応答

- 制御信号とは、具体的にどのようなものがあるか。

- インカム、タリー信号、カメラの色バランス等や、絞りコントロールの信号など。
- 移動体無線では、様々なケースでリンクが落ちてはいけないと考えられるが、バックアップはどのようにしているか。
 - 受信基地を増やす方法を探っている。
- テラヘルツを利用する場合、たくさんの中継点が必要となるが、コスト面ではどうか。
 - デジタルになって受信点が少なくなりコストが削減された。一旦コストを下げると今更コストを上げることは難しい。テラヘルツを利用すると上で費用対効果の問題が伴う。
- 番組・イベントとリンクした情報などを瞬時に伝送するとスポンサーがつくのではないか。映像に関する情報データを送るサービスは考えているか。
 - データ放送やネットなどを使って、それに近いことを試みている。
- 制御信号は、今どのように送っているか。
 - アナログの音声チャンネルやブランキング期間に乗せて送ることもできる。テラヘルツを利用すると、双方向伝送、低遅延化、送信機の小型化により、1人のカメラマンで撮影・送信できるようになる。
- 移動体無線伝送について、電波の特性上、限界があるのか。出力を上げればよいという問題ではないのか。それに対応するデバイスが開発されていないのか。
 - 300GHz以上の周波数帯では技術的なポテンシャルは低い。テラヘルツ波としては、光ファイバと組み合わせて、ラスト1マイルをカバーするとか、パーソナルユーズが現実的ではないか。

放送現場での無線のニーズ について

1

放送業務における HD伝送の現状

- ① 有線 (同軸ケーブル) 100m以内
- ② 光回線
- ③ 固定点間無線 (マイクロ波)
- ④ 移動体無線 (マイクロ波)

2

現状の無線運用(1) 固定点間無線伝送

- 初期投資はかかるが、ランニングコストが少ない
- 伝送容量が最大60Mbpsのため圧縮が必要
⇒ 圧縮に伴う遅延が発生
⇒ 画質が劣化

3

現状の無線運用(2) 移動体無線伝送

- 送信側が動き、受信側は固定するケースが多い
- 広範囲に伝播できる波が広く使われる
- 画質を犠牲にしてもリンクを優先させる
- 固定と同様に遅延が発生



テラヘルツの有効性

- 高ビットレート伝送が可能
・圧縮する必要が無くなる。
- アンテナの小型化・低出力化が可能
・小型にできるため、カメラに搭載することが可能

在阪民放局へのアンケートを実施

5

遠距離伝送における要望

- 安定受信
 - ・ 送受の芯が取れないと伝送が不安定
 - ・ 降雨に弱い点は改善
- 伝送距離は20km～30km必要

7

アンケート回答

テラヘルツのニーズ(1) 遠距離伝送(高精細映像伝送)

- HD信号の固定点間非圧縮低遅延伝送が可能となることへの期待
- 現HD信号の固定点間多チャンネル伝送に期待
- 2K・4K・3Dなど将来の高精細映像伝送への発展性がある

6

アンケート回答

テラヘルツのニーズ(2) ワイヤレスカメラ

- 野球中継、ゴルフ中継、競馬中継、マラソン中継などのスポーツ中継
- スタジオ内での回り込み撮影などの音楽番組
- 報道緊急中継
- 移動しながらHD伝送したい場面は多いが、現状では遅延、画質など問題が多く使えていない

8

ワイヤレスカメラ伝送における要望

- 安定受信
- 低遅延化
- 省電力小型化
- 受信システムも可能な限り安価でシンプル、広範囲可能なものに
- 双方向伝送、制御信号なども伝送



9

テラヘルツのニーズ(3) 取材映像の伝送

- ファイル転送時間の短縮が見込まれる
- 無線の場合傍受、混信などクリアすべき課題も多い
- 有線に勝るかどうかポイント

10

まとめ

- テラヘルツ波の弱点の克服がポイント
- 現行HDを超えるフォーマットに対して有効
- 現状のマイクロ波同様、各放送局に固有の周波数が割り当てられることを期待

12

テラヘルツのニーズ(4) その他

- 番組制作は映像と音声伝送のみではなく、同時に制御信号の伝送も考える
- 数cm程度の非接触瞬間伝送などで、番組・イベントとリンクした情報などを瞬時に伝送

11

(3) 高精細映像分野

(テーマ) 高精細映像技術のトレンドと無線のニーズ

(講師) 日本放送協会 放送技術研究所 久保田 啓一 所長

講演概要

○今後伝送情報量の増加が予測される高精細映像技術として、スーパーハイビジョン (SHV) 及び立体テレビ技術を中心に、技術トレンド、利用シーン、ユーザメリットを紹介、またそのために必要となる伝送容量、無線技術への期待について言及。

【SHV】

- ・テレビの画面サイズは放送開始当初の12インチから50インチに大画面化が進んでいるが、テレビ画面からの視距離は2.3m程度で変化していない。大画面化に伴い、視野角が増加し臨場感は増している。一方、相対的な視距離が減少するため、画素構造を見えなくするためには、画素数を増やす必要がある。SHVはサービス開始当初のディスプレイサイズとして65インチを想定しており、そのために画素数を7680×4320としている。このレベルの解像度があれば、高画質で視野角を広げることができるため、人間の視覚として誘導視野まで含めることで没入感を得ることもできる。
- ・SHVの特長から利用者に与えられる魅力としては、家庭内の大画面テレビで臨場感のある高画質映像を楽しむことができる、現在のテレビと同サイズ (30～50インチ) でもHDTVよりはるかに質感の高い映像が楽しめる、グラフィック印刷並の動画映像を楽しむことができることなどが挙げられる。
- ・SHVのデータの伝送レートとしては、Dual Green方式で24Gbps、4 : 4 : 4方式 (フル解像度) で72Gbpsが必要となる。

【立体テレビ】

- ・立体テレビの方式には大きく分けて2眼式、多眼式、体積表示型、及び空間像再生型の4つがあるが、2眼式は輻輳点と目のピント位置が異なるため目の疲労を誘発する恐れがあり、放送での採用は考えていない。輻輳、両眼視差、運動視差などの面で一番優れているのは空間像再生型だが、デバイスへの要求性能は厳しくなる。空間像再生型に分類されるインテグラル式の立体テレビの場合、必要とされるデータレートは、QVGAクラス (現在) で79.6Gbps、VGAクラスで318.5Gbps、HDクラスで4837Gbpsと、SHVよりも更に高い伝送レートが必要になる。

【無線技術への期待】

- ・放送番組の制作現場 (スポーツ/イベント中継での空撮カメラからの映像伝送や河川や道路超えの映像伝送など) では、機動性や設営の容易さから無線伝送への期待は高い。また、画質劣化が少なく伝送遅延の無いリアルタイム伝送が求められるため、非圧縮伝送が望ましく、必要となる伝送容量は、ハイビジョンで1.5Gbps、SHVでは24Gbps (Dual Green方式の場合)、72Gbps (フル解像度の場合) となる。
- ・また、テラヘルツ波帯の大容量無線伝送には、家庭内の大画面薄型ディスプレイでSHVを楽しむ際の配線レスの無線インターフェース (60GHz帯WirelessHDのSHV版のイメー

ジ) としての用途や、SHVコンテンツを持ち運ぶための超高速コネクタレスダウンロード (TransferJetのSHV版のイメージ) する用途なども期待される。

- ・医療関係でも高精細映像のニーズがかなりありそうであり、調査検討を進めてみると面白い。

質疑応答

○SHV信号の伝送については、距離が長いと難しいのか。

→先のことなので何とも言えないが、家庭内での無線LANのような使い方は当面難しいのではないかと。イメージは、室内でシート型ディスプレイにワイヤレスで信号を送ること。隣の部屋まで送ることは当面は考えていない。

○シート型ディスプレイをワイヤレスとする理由は何か。大きなディスプレイの移動を想定してのことか。

→100インチのディスプレイを移動させることはほとんどないと思う。シート型ディスプレイの場合、セットトップボックスは別の場所に置かれることになるので、その間のごちゃごちゃとした配線を無くすのが目的である。

○SHVの将来的な家庭での利用方法を教えてほしい

→家庭で使う場合、現実的には50~60インチが最大画面になるだろう。視距離は2.3mが基準なので、SHVもまずはそこからスタートし、その先のステップとして、グラビア印刷並みの動画映像を手にとって楽しめることを目指す。NHKでは4Kの研究はしないのかと質問されることが多いが、8Kは2次元テレビの最終的な形と考えている (16Kまではいかないだろう)。だから、8Kを研究することでいろんな可能性や楽しみ方を探っている。

○SHVのフレームレートはどのくらいか。

→評価実験を行うと、フレーム周波数が2倍、3倍になると動画質が改善されることはすぐにわかる。4倍でもわかる人もいる。だからと言って300Hzが一番よいかというと、デバイスが難しい。現実的には120Hzがよいだろう。また、インパルス型等ディスプレイとの組合せにもよるだろう。

○利用シーンとしてはどのようなケースが考えられるか。遠隔会議等にも有効ではないか。遠隔医療では内臓の色が非常にリアルに映っているSHV映像を見たことがある。

→利用シーンとしては、家庭アプリ、会議、デジタルサイネージ、医療などが考えられる。特に医者は非常に興味を持っている。SHVの映像を見ながらウサギの手術の実験が実施されたケースがあり、次はサルで試されると聞いている。医者は手術の際、2~3倍に見えるレンズを利用しているとのことだが、視野が狭く、非常に疲れるらしい。医療分野でのSHVのニーズは高いかもしれない。

高精細映像技術のトレンドと無線のニーズ

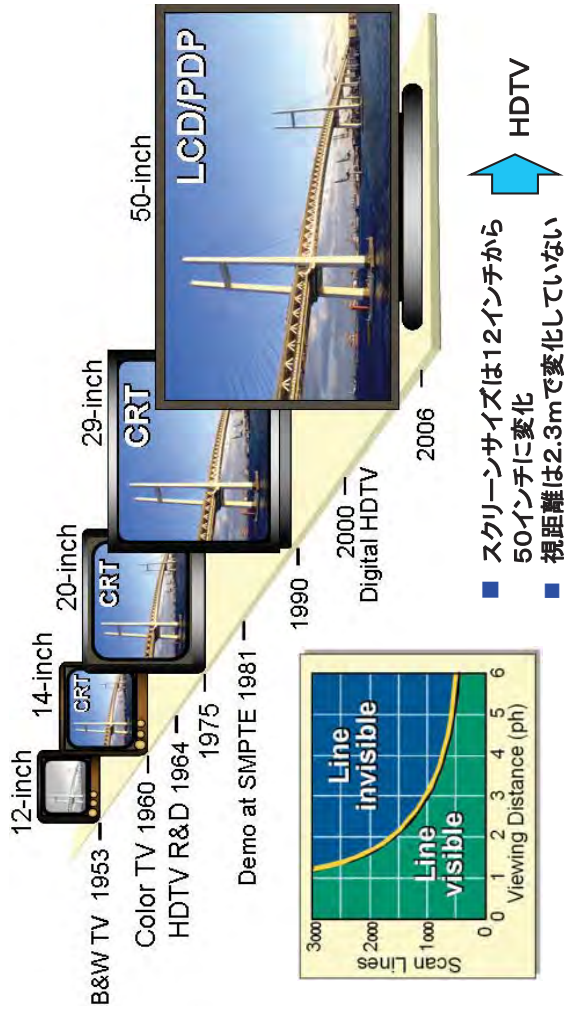
スーパーハイビジョン

久保田 啓一
日本放送協会 放送技術研究所
2009年10月27日

テレビジョン技術の進歩

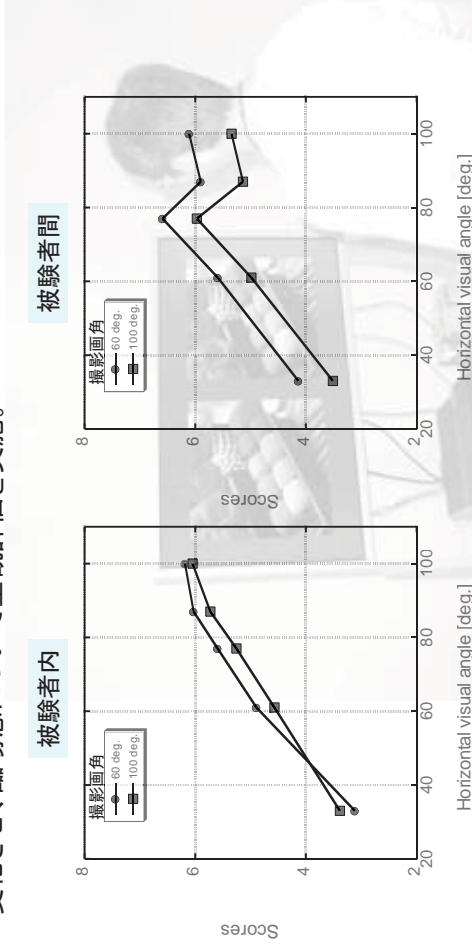
	SDTV	HDTV	SHV
研究開発と放送実現	1926年高柳健次郎 TV実験 1953年放送開始 1960年カラー放送	1960年代半ば研究開始 2000年衛星D放送開始 2003年地上D放送開始	1990年代半ば研究開始 2025年放送開始(目標)
想定ディスプレイ	10~20インチ	60~65インチ	100インチ~
目標	遠くのものを見る	臨場感	臨場感、高質感
技術			
信号、信号処理	アナログ	デジタル、数Gb/s	デジタル、数十Gb/s HDTV ベース⇒SHV
カメラ	サチコン プラシコン(真空管)	真空管⇒CCD、CMOS (固体撮像素子)	CMOS⇒新たなデバイス (有機撮像デバイスなど)
記録	テープ	テープ⇒HDD、光ディスク、 半導体メモリー	HDD⇒???
ディスプレイ	ブラウン管	ブラウン管⇒FPD PJ⇒ホームシアター、デジ タルシネマ(没入感)	FPD⇒新たなデバイス、高効 率で容易に家庭に導入 PJ⇒高性能化(没入感)

日本におけるテレビスクリーンサイズの変遷



臨場感と視野角に関する主観評価実験結果

- 視距離一定で画面サイズを変化させることで、視野角を33度～100度の間で変化させ、臨場感について主観評価を実施。



視野角が広くなると臨場感は基本的に増大する。被験者内と被験者間の実験では結果がやや異なる。いずれの場合も、臨場感は80程度までは増大する

スーパーハイビジョン映像フォーマットと標準化状況

	画素数(H x V)	アスペクト比	フィールド / フレーム 周波数	インターレース
スーパーハイビジョン	7680 x 4320	16:9	60.00 Hz 59.94 Hz	1:1
ハイビジョン (HDTV)	1920 x 1080	16:9	60.00 Hz 59.94 Hz	1:1 2:1

- ITU勧告ITU-R BT. 1769 “Parameter values for an expanded hierarchy of LSDI image formats for production and international programme exchange” において、3840x2160と7680x4320が勧告されている。

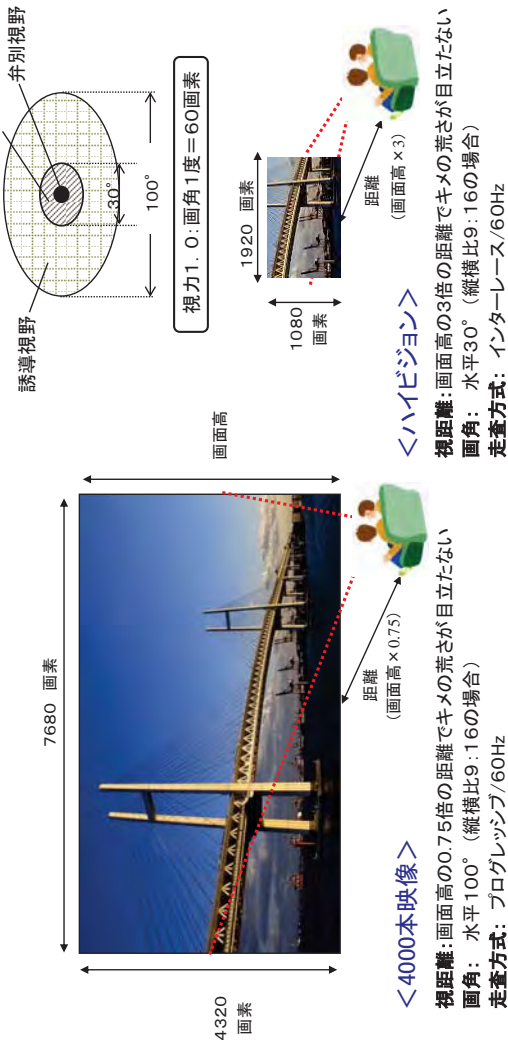
- ITU勧告ITU-R BT. 1201 “Extremely high resolution imagery” において、1920 x 1080 と簡単な整数比の映像フォーマットとすることが勧告されている。

EHRI hierarchy	Image format	TV Recommendation	LSDI Recommendation
EHRI-0	1920 x 1080	Rec. ITU-R BT. 709	Rec. ITU-R BT. 1680
EHRI-1	3840 x 2160		Rec. ITU-R BT. 1769
EHRI-2	5760 x 3240		
EHRI-3	7680 x 4320		Rec. ITU-R BT. 1769

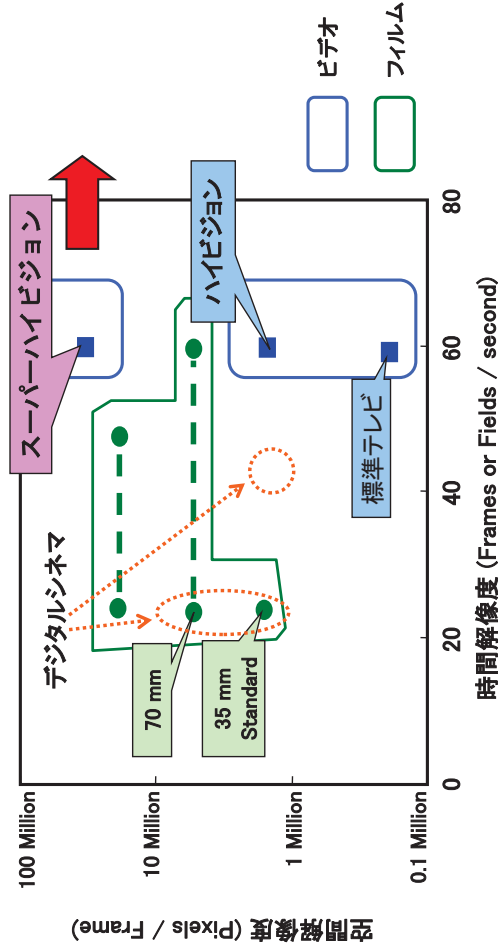
- 同様の映像フォーマットがSMPTE2036として標準化されている。

映像フォーマットと観視条件

- ハイビジョンは有効視野を含むことで臨場感を得ているが、4000本級システムは誘導視野まで含むことで没入感を得る。



各種映像方式の時空間解像度比較

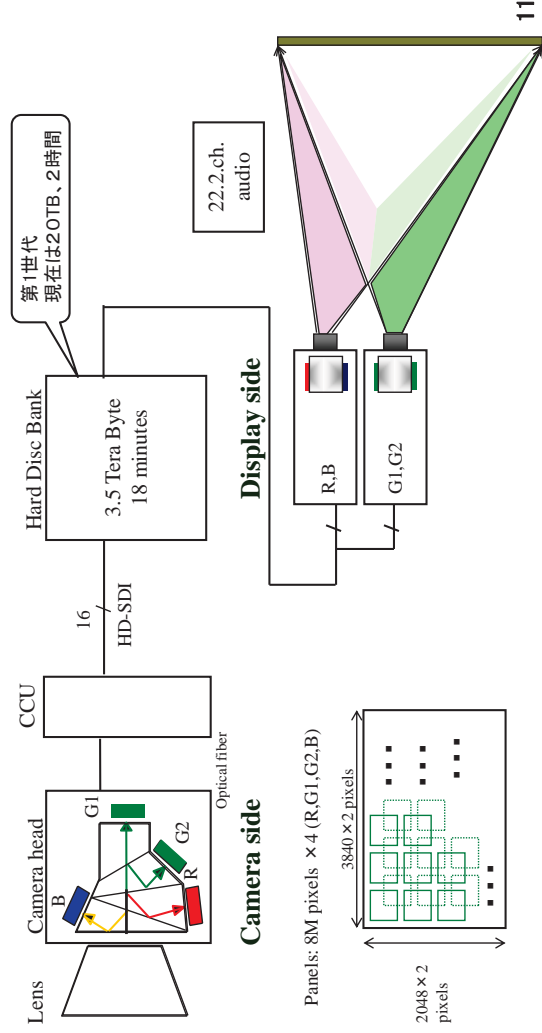


スーパーハイビジョンの開発

- 1995年: 2000本カメラの開発
- 2002年: 4000本カメラ、表示装置、録画装置の開発
NHK技研公開で展示
- 2005年: 愛知万博展示、九州国立博物館で常設展示
- 2006年: NAB(ラスベガス)、IBC(アムステルダム)で展示
ITU-R LSDI(勧告化 (ITU-R BT1769))
- 2007年: NAB(ラスベガス)、IBC(アムステルダム)で展示
圧縮符号化装置の開発 (H.264)
フル画素撮像素子の開発
- 2008年: BA(シンガポール)、IBC(アムステルダム)で展示
フル画素撮像素子開発
フル画素表示装置開発 (ハイコントラスト: 静止画)
- 2009年: NAB(ラスベガス)で展示
フル画素カメラ開発
フル画素表示装置開発 (動画)

スーパーハイビジョン実験システム (Dual-Green)

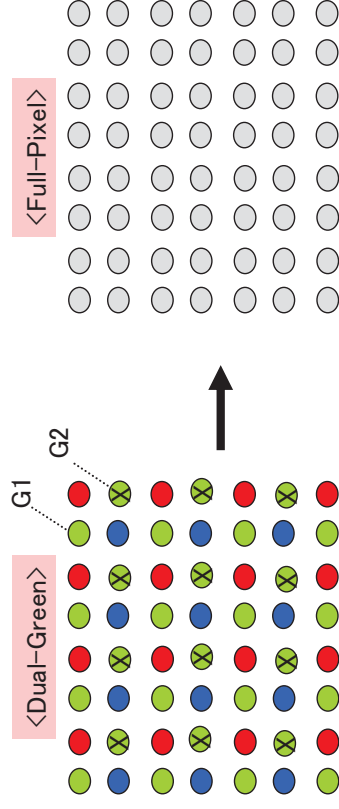
- 800万画素の撮像素子および液晶パネル4枚で構成したカメラとディスプレイ(デュアル・グリーン方式)。したがって、スーパーハイビジョンのフル解像度の性能は得られていない。
- 機器間接続には、HD TVシリアルインターフェースを16式並列で使用。



スーパーハイビジョン機器の開発状況

- **カメラ**
 - 1. 25インチCMOS4板式カメラ(800万画素×4 (Gch斜め画素ずらし))
 - 2. 5インチ3300万画素CMOS3板式カメラ(撮像実験)
- **ディスプレイ**
 - 800万画素反射型液晶素子×4 (Gch斜め画素ずらし)
 - 3300万画素反射型液晶素子×3
 - 広ダイナミックレンジプロジェクター (Yのみ3300万画素)
- **記録装置**
 - HDD 3. 5TB(非圧縮18分収録) ⇔ 20TB(非圧縮2時間)
(バックアップ: SAIT) (バックアップ: LTO3)
- **非圧縮光伝送装置**
 - 16波長多重、3Gマルチ
- **符号化装置**
 - MPEG2ベース (IP光伝送、衛星伝送実験) ⇔ H. 264ベース
- **広帯域変復調装置**
 - 帯域幅300MHz

スーパーハイビジョン画素構造

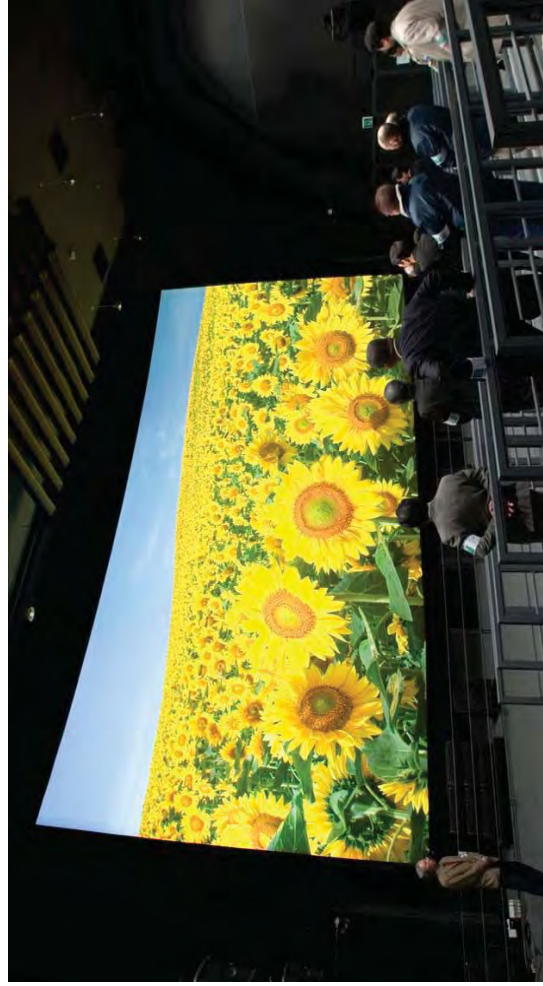


各画素に R、G、またはB信号を割り当て、G1とG2 画素は斜めにずれている。

各画素はR、G、Bとも持つ。



愛知万博におけるスーパーハイビジョンシアター (2005年)



600インチスクリーン、330人収容、総入場者数156万人

スーパーハイビジョン撮像・表示装置(デュアルグリーン)

カメラ



万博用カメラ

2004年

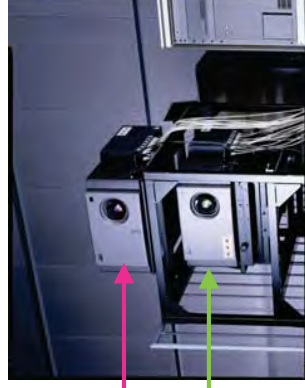
40kg

第1試作カメラ

2002年

80kg

プロジェクター



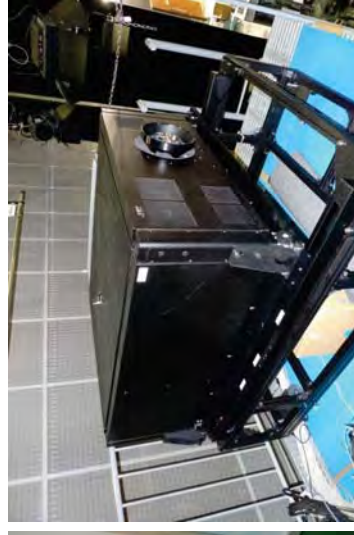
万博仕様

九州国立博物館のスーパーハイビジョンシアター (2005年)



350インチスクリーン、40席、これまでに約40万人入場

スーパーハイビジョン撮像・表示装置(フル解像度)



直視型ディスプレイの開発

- スーパーハイビジョンの家庭への導入には、直視型フラットパネルディスプレイの開発が不可欠。
- 4Kシステム用56インチ液晶ディスプレイ4枚を組み合わせたスーパーハイビジョン用直視型ディスプレイを試作。
- 100インチ級スーパーハイビジョン用直視型ディスプレイの開発が課題。



21

17

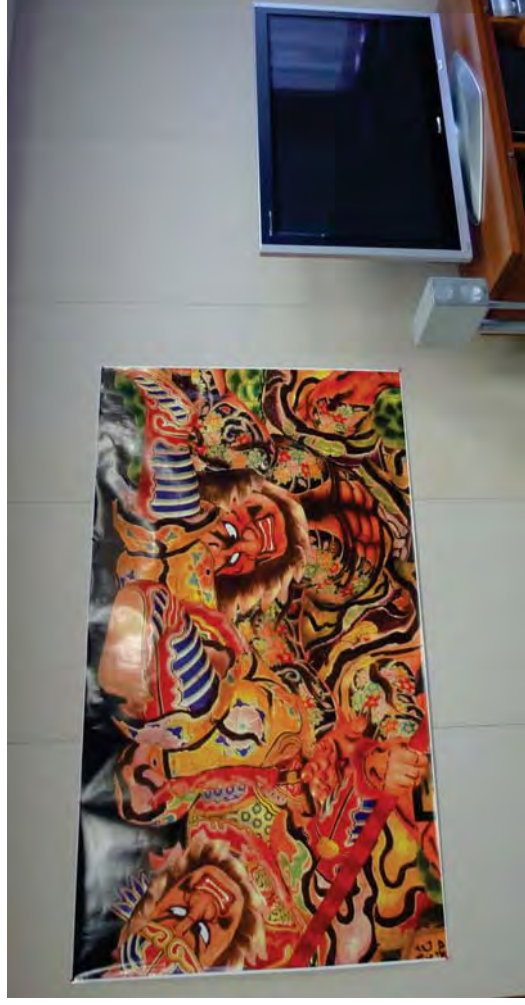
IBC2008における国際伝送実験

- アムステルダムで開催されたIBC2008（国際放送機器展）において、NHK、BBC、RAI（イタリア放送協会）、EBU（欧州放送連合）が共同で、初のスーパーハイビジョン国際伝送実験を実施。
 - ロンドンから、600Mbpsに圧縮した信号を、光ネットワークでIP伝送。
 - トリノから、130Mbpsに圧縮した信号を、衛星伝送。



19

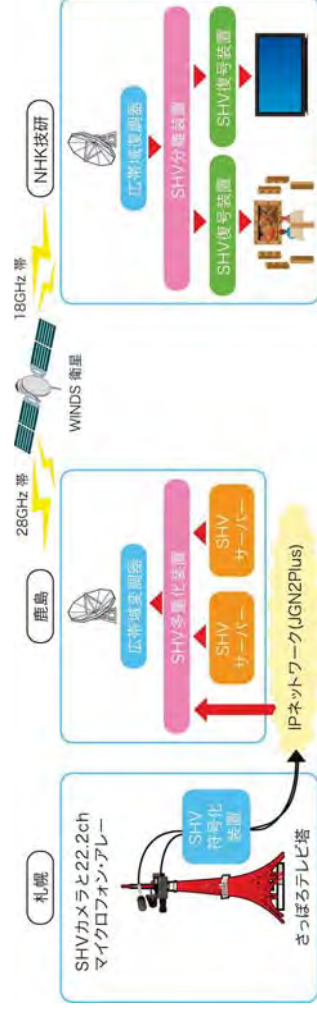
100インチ級シート型ディスプレイ



18

技研公開2009における伝送実験

- (独)情報通信研究機構と共同で、高速インターネット実験衛星(WINDS)による、世界初のスーパーハイビジョン多チャネル衛星伝送実験を実施。
 - 世界初のスーパーハイビジョン衛星生中継(札幌→技研)
 - 伝送レート100Mbpsの生中継を可能にするリアルタイム高圧縮符号化装置を開発
 - 新しい誤り訂正符号化技術、広帯域変復調器の開発により多チャネル伝送を実現

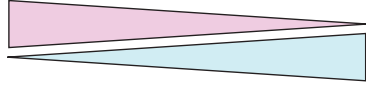


20

立体テレビの方式と視覚機能

方式	輻輳	両眼視差	運動視差	調節
2眼式 2台のカメラ、ディスプレイを並べる	○	○	×	×
多眼式 多数のカメラ、ディスプレイを並べる	○	○	○	×
体積表示型 奥行き方向に表示面を配置する	○	○	×	○
空間像再生型 被写体の光群を再現	○	○	○	○

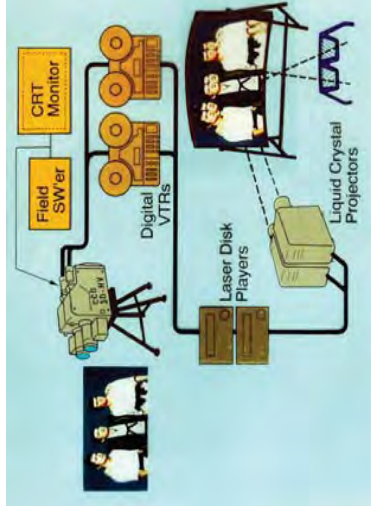
<研究内容>
心理効果



光・工学

2眼式立体テレビ

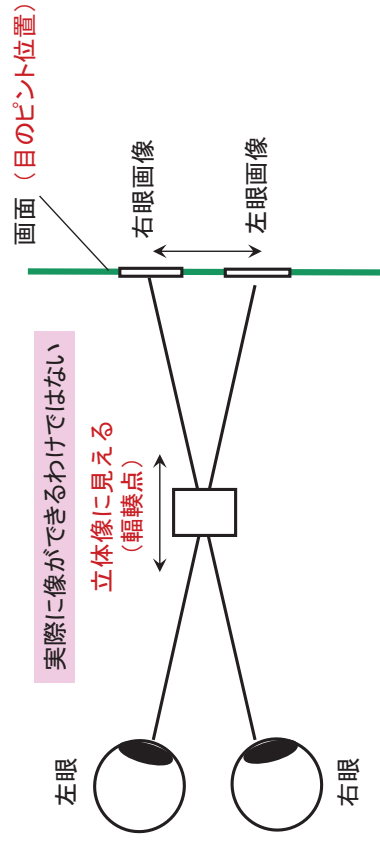
- 眼鏡
 - 有り: 偏光眼鏡、時分割眼鏡
 - 無し: レンチキュラー
パララックスバリア
- 画質は良好
- 視点に応じた立体像
 - 基本的に不可
 - 視点追従で可能
- システム構成はシンプル



2眼式立体テレビは立体テレビの基本であり、劇場やパブリックビューイングで実用化

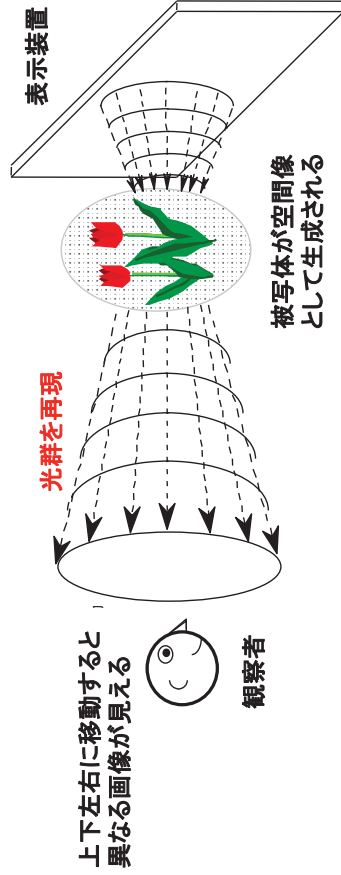
2眼式立体テレビの原理

- 標準化を含め、世界的に興味が高まり、ビジネス面での期待が高まっている。
- しかし、輻輳点と目のピント位置が異なるため、目の疲労を誘発する。



空間像再生型立体テレビの特徴

- 空間像を再生するため特殊なメガネを必要せず、視点に応じた立体像が得られる。
- 方式としては、インテグラル方式とホログラフイがある。
- システム構成はシンプルだが、デバイスへの要求が厳しい。
- 現状の動画表示デバイスでは画質不足。

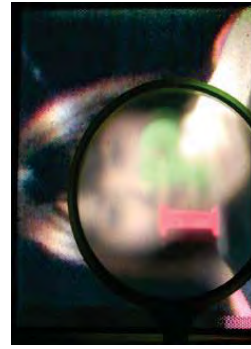


25

空間再生像 ~ 拡散板上に投影された画像 ~



再生像(拡散板なし)



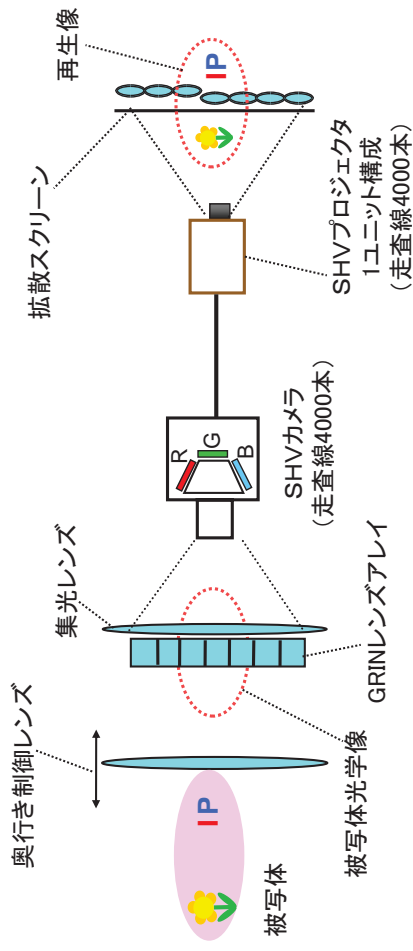
拡散板上の画像
レンズ板から10mm



拡散板上の画像
レンズ板から40mm

27

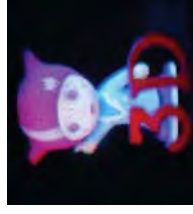
スーパーハイビジョン(フル画素)を用いたインテグラル式立体テレビ



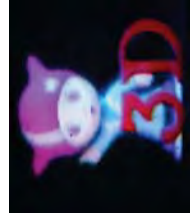
NICT委託研究(日本ビクター(株)と共同)
 ・レンズ数: 250(V) X 400(H)
 ・視域角: 24.5度(実測値)

26

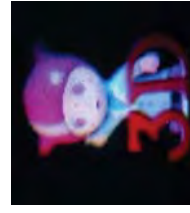
再生像 ~フルパララックス画像~



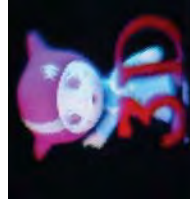
(a)上視点



(c)左視点



(d)右視点



(b)下視点

23

28

放送番組の素材伝送

画質劣化がなく、伝送遅延なしのリアルタイム伝送が求められることから、非圧縮伝送が望ましい。



伝送容量が大きくなるため、広い帯域が必要。

- ハイビジョン: 1. 5Gbps(HD-SDI信号)
- スーパーハイビジョン: 24Gbps(Dual-Green)
- 72Gbps(フル解像度)

無線技術への期待

10Gbps誤り訂正符号化装置の開発

- HD-SDI信号(1.5Gbps)を6多重して伝送が可能。
- 誤り訂正符号として、リードソロモン符号を接続する方式を開発し、符号化利得6dB(@BER=10⁻¹⁰)を実現。
- 昨年、120GHz無線で3km伝送実験に成功。現在、5kmの伝送実験を準備中。(NTT、フジテレビ、NHK)



誤り訂正符号化装置の外観



3km伝送実験の様子
(受信点: 技研屋上)

スーパーハイビジョンの無線伝送実験

- Dual-Green方式の非圧縮スーパーハイビジョン信号(HD-SDI信号16本=24Gbps)の伝送実験を、NHK放送技術研究所グラウンドで実施。
- 10Gbps伝送装置を3対向使用。(すべて同一周波数で送信)



送信点



受信点



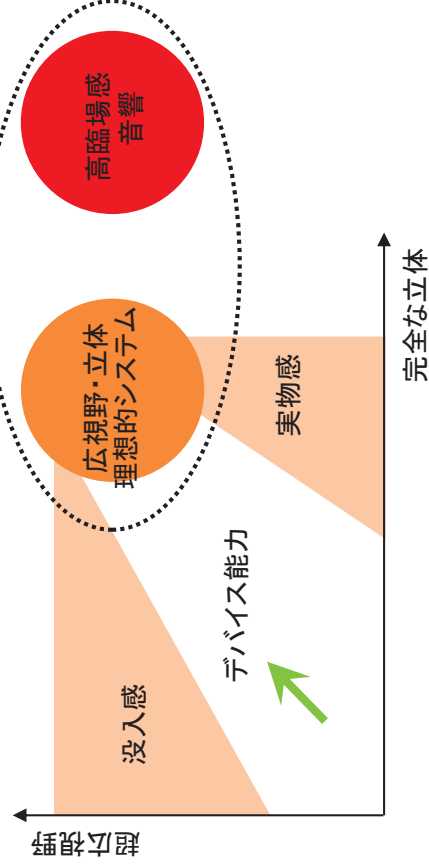
SHV伝送映像

スーパーハイビジョンの実現に向け、無線技術への期待

- SHV番組制作の現場で、
 - 非圧縮SHV信号の伝送
 - 機動性や設営の容易さなどの無線の利点を生かし、短距離の伝送を行う。たとえば、スポーツ中継やイベント中継での空撮カメラからの映像伝送、河川や道路越えをする伝送など。
 - SHVの長距離伝送、移動伝送
 - SHVでも、ハイビジョンと同様に、さまざまな場所からの中継を実現する。たとえば、中継現場からの衛星伝送(SNG)やヘリコプター経由の長距離伝送、さらには、マリン中継での移動伝送など。
- SHV放送サービスを家庭で楽しむ際に、
 - 薄型ディスプレイへのSHV信号の伝送
 - SHVの無線インターフェース。60GHz帯の”WirelessHD”のSHV版イメージ。
 - スーパーハイビジョンコンテンツを持ち運ぶための超高速伝送
 - コネクタ接続不要でのダウンロード。”TransferJet”のSHV版イメージ

将来の映像システム

- 完全な立体……空間像再生型
- 十分な広視野……超広視野映像
- 択一的でなく、統合的なシステムが構築されるべき



終りに

(4) その他（高速インターフェース技術動向）

テラヘルツ波帯無線技術が応用を想定する近接無線等と関連が深いと考えられる有線や無線のインターフェース技術の動向を以下に示す。

2010年から、有線や無線インターフェースが大きく変わり、数Gbpsクラスの高速仕様が登場し一般的になるほか、TransferJet（第3章 3-1に概要記載）のようなこれまでにないインターフェースが登場する。これらにより新たな応用が生まれると見込まれる。

外部有線インターフェースは高速化では、例えばUSB3.0は現行の10倍の5Gbpsに、DisplayPortも現行の2倍の5.4Gbpsになる。またDiiVAなど新たなテレビやデジタルAV機器の映像/音声インターフェース規格も登場してきている。これに伴い、内部転送速度の高速化への要求も強まると考えられる。PCI Express、Serial ATAなどの高速版の利用が拡大し、SDメモ리카ードやUFS（Unix File System:UNIX系列のOS使用のファイルシステム）の転送速度における高速化の要求が強まる。

無線インターフェースでは、携帯機器やAV機器で利用する規格（現行のBluetoothや赤外線通信、無線LAN）が続々と高速化する一方、TransferJetやミリ波通信（WirelessHD）など、新規インターフェースも出現してきている。

○携帯機器周辺では、以下のような動向がある。

- ・Bluetoothでは3.0が登場し3Mbpsから54Mbpsへ、赤外線通信ではGiga-IR（第3章 3-3に概要記載）が登場し4Mbpsから1Gbpsへ高速化する。
- ・TransferJetは最大560Mbpsであり、「タッチ」の瞬間に大容量データをやりとりできる。
- ・ミリ波通信では低価格化が進行している。
- ・無線LANでは、スマートフォンへの搭載が本格化しつつある。

○AV機器周辺では、以下のような動向がある。

- ・ミリ波通信（60GHz帯）のWirelessHDでは3.8Gbpsのスピードで無線版HDMI（高品位マルチメディア・インターフェース）を実現している。
- ・その他のミリ波通信における60GHz帯の無線通信規格であるWiGigやIEEE802.11adなども標準化される見込みである。また、高品位映像をワイヤレスで伝送するための技術であるWHDI（5GHz帯）では1080pを伝送でき、無線LANはIEEE802.11nの利用が始まって来ている。

携帯機器に高速無線が搭載されれば、以下のようなことが期待できる。

○街頭のKIOSK端末で、わずか数秒でコンテンツをダウンロードするといった用途に使える。

○HDMIやUSB3.0などを使い、テレビと携帯電話を接続して利用することも増えそうである。

○TransferJetなどを活用し、携帯機器同士でのコンテンツのやり取りも容易になる。

その中でもミリ波帯通信を用いたKIOSKダウンロードへの期待が高い。送受信距離が短く、パワーアンプの送信出力が低くてもよいいため、低消費電力で稼働できる。したがって、送

受信ICの製造技術では従来の高価なGaAsやSiGe技術からCMOS技術へと転換が図れ、1チップ化を進めることができる。また、高価な個別アンテナを利用してビームを絞る必要がないため、RFトランシーバーICとアンテナ・パッケージを一体化したアンテナ素子も安価にできる。このような理由からキラーアプリとして取り上げられている。

2-2 ニーズのまとめ（高速無線がもたらす未来ICT）

今後更なる高速無線を必要とする分野として、アクセス・ホームネットワーク、放送素材伝送分野、さらに、高精細映像分野を取り上げ、それらの動向と将来像を述べてきたが、ここでは、これらの将来像から導かれる未来ICT像をまとめる。

FTTHの普及、さらにスマートグリッドなどのグリーンICTの潮流により、今後、アクセスシステム（ビジネス、家庭）の高速化の要求は飛躍的に高まる。現在、日本では、アクセスネットワークとしてGE-PON（光ファイバを用いた公衆回線網で1Gbpsの通信速度を実現する技術）が普及しているが、今後の高精細映像コンテンツなどのデータ量の増加に対応するために、XG-PON（光ファイバを用いた公衆回線網で10Gbpsの通信速度を実現する技術）、さらにはWDM-PON（光ファイバを用いた公衆回線網で10Gbpsを超える通信速度をもつ技術）へと進展していく。一方、ホームネットワークにおいても、高精細映像を中心としたデータ大容量化に対応するため、光化が必要である。現在、屋内配線を容易にするため、低コスト化、DIY化を狙ったプラスチック光ファイバ（POF）や曲げに強いホーリーファイバ（HF）などが開発されており、実用的なホーム光ネットワークの実現が期待される。このようなネットワーク環境の下、端末と繋がるラストアクセスには、ユーザの利便性から超高速無線技術の活用が必要であり、セキュリティ確保などを前提にテラヘルツ波の利用が期待される。

以上に述べた超高速通信の世界が進展すれば、圧縮技術などによるデータ伝送を行う必要が無く、すなわち伝送遅延を意識しない大容量データ伝送が可能となり、距離・時間差を意識せずに空間を共有できるような世界が実現する。また、ストレージ集約効果などにより、設備利用効率向上、消費電力削減なども期待される。

放送事業者の現場では、屋外と局内での利用の可能性について、いずれも、HD品質以上の高精細映像（4Kなど）や3D映像が扱えること、画質のみでなく、スーパースローカメラなどへの応用が期待されている。また、特に、局内での運用を想定した場合、映像信号以外の制御信号などを同時伝送できることやカメラから蓄積メディア（ハードディスクやSSD（半導体記憶素子であるフラッシュメモリを使用した記憶装置）など）への高速データ転送への期待も大きい。

一方で、到達距離の長尺化、モバイルカメラへの適用などは、電波の特性（降雨減衰、高指向性）の起因を解決するためには技術的なブレークスルーが必要な課題である。また、周波数の利用方法として、従来のマイクロ波帯と同様に、各放送局に固有の周波数を割当てることを期待する声もあり、直進性が高いという電波の特性を鑑みて、従来どおりの周波数帯で分けることが電波資源の有効利用となるか、どのような電波の割当方法がよいかを検討する必要性が示された。

データの大容量化の牽引役である高精細画像技術分野では、次のターゲットとして、ス

ーパーハイビジョン（SHV）の研究開発が進められている。テレビの視距離は2.3m程度であると想定した場合、SHVの解像度（画素数：7680×4320）が、ほぼ人間が感じられる上限であり、高解像度化の技術開発はSHVで一区切りと言える。

上記のようなSHVは、そのデータ伝送レートが、24Gbps（Dual Green方式）、72Gbps（フル解像度）必要であり、現状の無線技術では非圧縮での転送はできない。放送番組の制作現場では、機動性、設営の容易さから無線技術への期待が高いことから、テラヘルツ波帯の大容量伝送の適用が望まれる。また、高精細映像は、放送のみでなく、医療分野での画像データ転送への展開も期待できる。さらに、家庭内の大画面薄型ディスプレイでSHVを楽しむ際の配線レスの無線インターフェースや、SHVコンテンツを持ち運ぶための超高速ダウンロード用途などへの適用も期待される。

一方、映像系のもう一つの流れに、立体（3D）テレビがある。立体テレビは、大きく分けて、2眼式、多眼式、体積表示型、空間像再生型の4つがあり、現在、映画などでは、2眼式が採用されているが、特性として一番優れているのは、空間像再生型である。この方式は、デバイス性能への要求が非常に高く、空間像再生型に分類されるインテグラル式の場合、必要とされるデータ転送速度は、QVGAクラスで79.6Gbps、VGAクラスでは、318.5Gbps、HDクラスでは、4837Gbpsと、スーパーハイビジョンよりはるかに高い伝送レートが必要となり、このデータ容量の伝送には、有線、無線問わず大きなブレークスルーが必須である。

なお、現在、3Dテレビとして商品化が進められている方式は2眼式であり、右目、左目に対応する2つのカメラを利用して撮像し、視聴者がかけるメガネのシャッターと同期して映像を送り、立体感を出している。この場合は、左右2つのHDカメラが必要となることから、通常の2倍、HDクラスでは3Gbps必要となる。60GHz帯無線システムの適用領域内であるが、4K、スーパーハイビジョンと高精細化が進むと適用が困難となり、テラヘルツ波帯へとシフトしていくことが想定される。

上記で示された個々のニーズから導かれる未来ICT像（2020年代を想定）を、ホームネットワークを例に、図2-2-1に示す。

スーパーハイビジョン（SHV）放送が始まり、アンテナで受信したSHV信号は、光ホームネットワークによりリビングのセットトップボックスに送られ、そこから、超高速無線にて高精細ディスプレイに映し出される。家庭での介護が必要な家族がいるケースでは、HDカメラ、高精細ディスプレイ、医療用センサーが超高速無線アクセスポイント経由で、光ネットワークに繋がり、公衆網を介して担当医の常駐する病院にリアルタイムで情報が伝わる仕組みである。この際、プライバシーに配慮したシステム設計が必要となる。

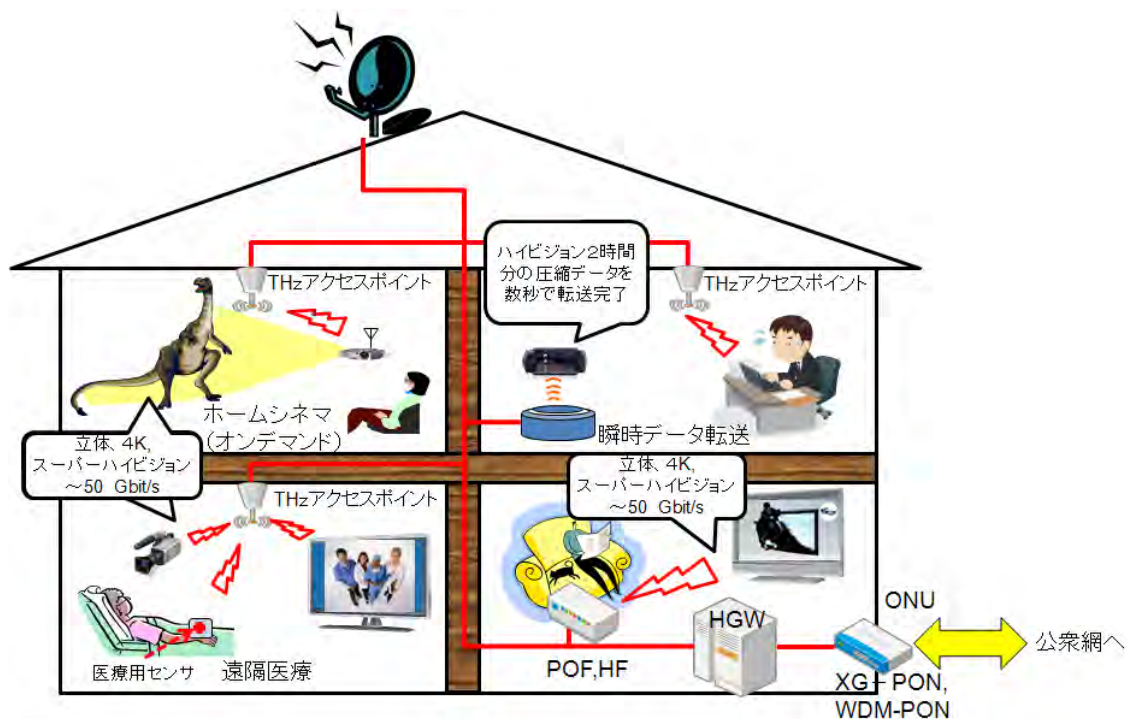


図 2-2-1 未来ICT像（ホームネットワーク）

2階左の部屋に移り、子供部屋では、公衆網経由でオンデマンド映画鑑賞をしている。この場合は、公衆網のトラフィック量に依存するが、予め作品を選び、ホームゲートウェイ（HGW）にコンテンツデータを蓄積した後に、自由に視聴するということが想定される。いずれにせよ、超高速無線アクセスポイント経由で、高精細プロジェクターに画像データが送られることとなる。ここでは、課金システムとの連動が必要である。

最後に2階右の部屋では、在宅勤務として自宅で仕事をしている想定である。パソコンのOSを含めて、全てのプログラムは、公衆網経由で会社のサーバーから瞬時にダウンロードされ、その後は、パソコン内に閉じた処理を基本とすることにより、セキュリティの高いリモートオフィス環境が構築される。また、OSやアプリケーションなどの最新版への更新は、会社内のサーバーにて更新処理を行うだけでよいため、各パソコン間でのバージョンの相違は起こらず、セキュリティ的にも有効である。仕事中心に見ることができなかったテレビ番組などは、サーバーに蓄積しておき、外出時に、携帯型端末に超高速無線を用いて瞬時に転送し、電車等の移動時に内容の確認を行うことも可能となる。

現在、レンタルDVDは、映画1作品あたりDVD2枚（10 GByte ≒ 80 Gbit程度）である。単純に10Gbpsの転送速度としても8秒かかり、実際には装置内部でのプロトコル処理やメモリとのやり取り等によって、さらに時間がかかることとなる。また、今後の高精細化に伴い、データ容量は確実に増加することから、以上で述べたアプリケーションをユーザが違和感無く利用するためには、100 Gbpsオーダーの処理能力が必要となることが想定される。