

ICTを活用した安全・安心な社会創り



塩尻市との連携の中で実現したもの、目指しているもの

信州大学

不破 泰

プロジェクトの目標

- ICT技術による安全・安心な社会の実現
 - 大規模災害発生時にも稼働する通信インフラの構築
- 社会を守るシステムの開発

大規模災害発生時にも稼働する 通信インフラの構築（１）

大規模災害発生時

- ・ 有線インフラ（電力，通信）が破壊
- ・ 通信装置の一部（又は多く）が喪失



（自立） ・ 太陽光で稼働する無線通信システム

（自律） ・ 通信装置の一部が喪失しても自律的に通信を維持
・ 現場に適当に設置するだけで
自動的にネットワークが形成

大規模災害発生時にも稼働する 通信インフラの構築（２）

特定小電力無線で通信

周波数	429MHz
出力	10mW
変調方式	2値FSK
符号方式	マンチェスター符号
通信速度	1200bps



（自立）太陽光パネルと2次電池で駆動

（自律）Ad-Hocネットワーク

- ・ 電源・通信ケーブル不要
- ・ 電源スイッチ無し
- ・ 種種の設定不要

社会を守るシステムの開発（１）

登下校の児童を見守るシステム

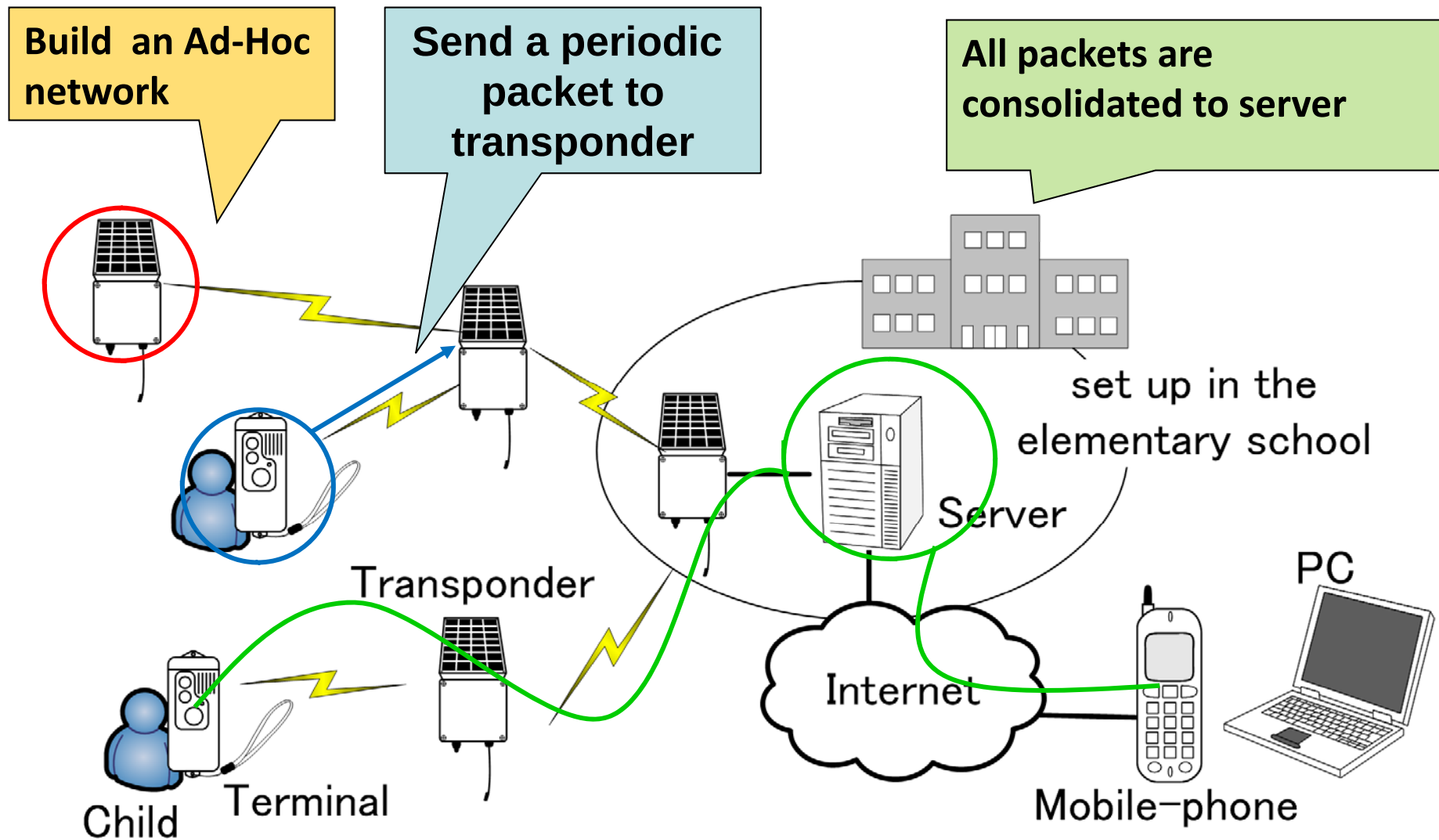
独居高齢者を守るシステム



振動センサにより移動を認識.
3分ごとにパ
ケットを送信

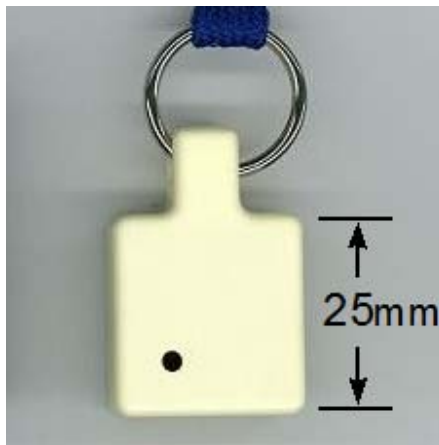


緊急ストラップを
引き抜くことでブ
ザーが鳴り、緊
急パケットを送
信



社会を守るシステムの開発（2）

センサーネットワークシステム



センサー端末：小型化と電池による長時間駆動
受信回路省略と新規プロトコルの開発

土中水分量計測センサー端末の開発
土砂崩れの予測、川の増水の検出

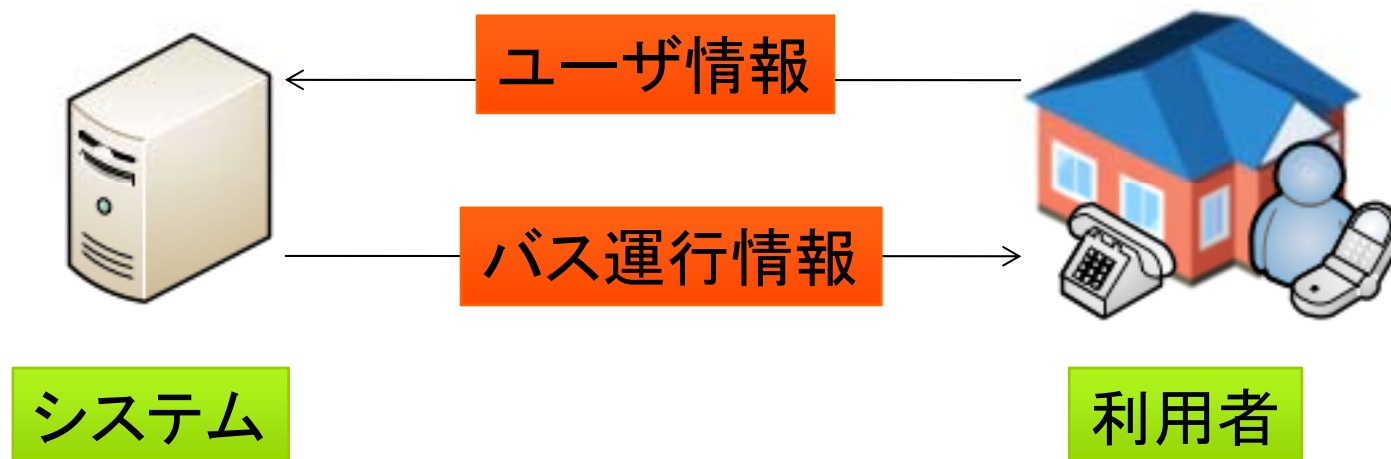
- ・コイン電池1個で3年半駆動し続ける小型端末を開発
- ・様々なセンサーを接続できる多目的センサー端末を開発

社会を守るシステムの開発（3-1）

バスロケーションシステム

過疎路線でも利用できるシステム

- ・ 構築，運営経費の低減
- ・ パーソナルユースなシステム



社会を守るシステムの開発（3-2）

【路線図】：広丘駅循環線

運行状況：13

(2010年11月25日 17時35分17秒現在)

バス停通過情報

地図を表示



社会を守るシステムの開発（3-3）

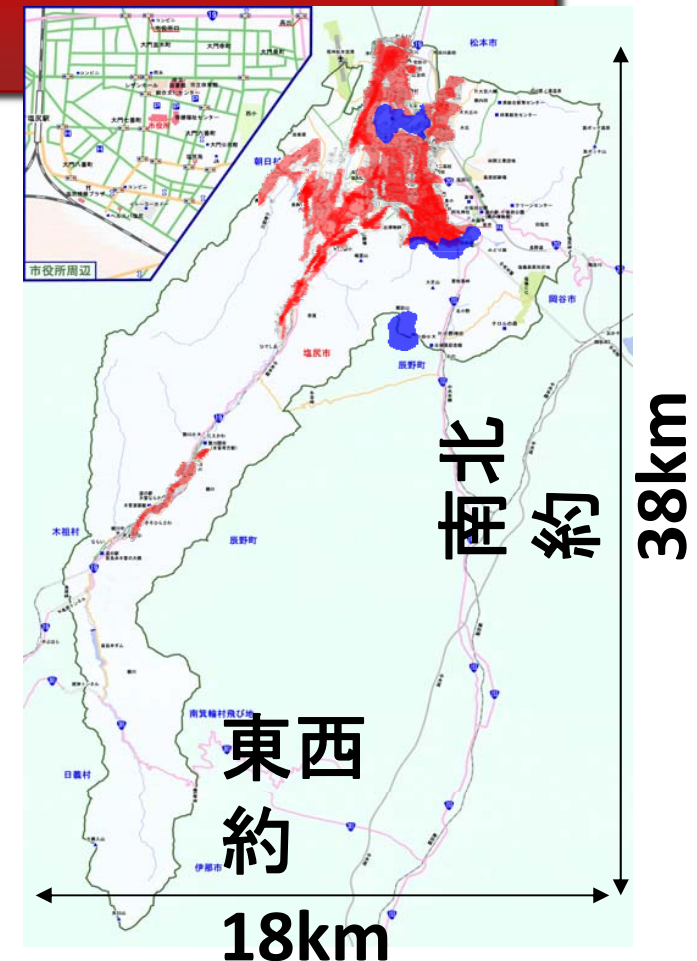
- 塩尻市内10路線上での導入実験を開始
- GPS付子機9台をバスに設置済



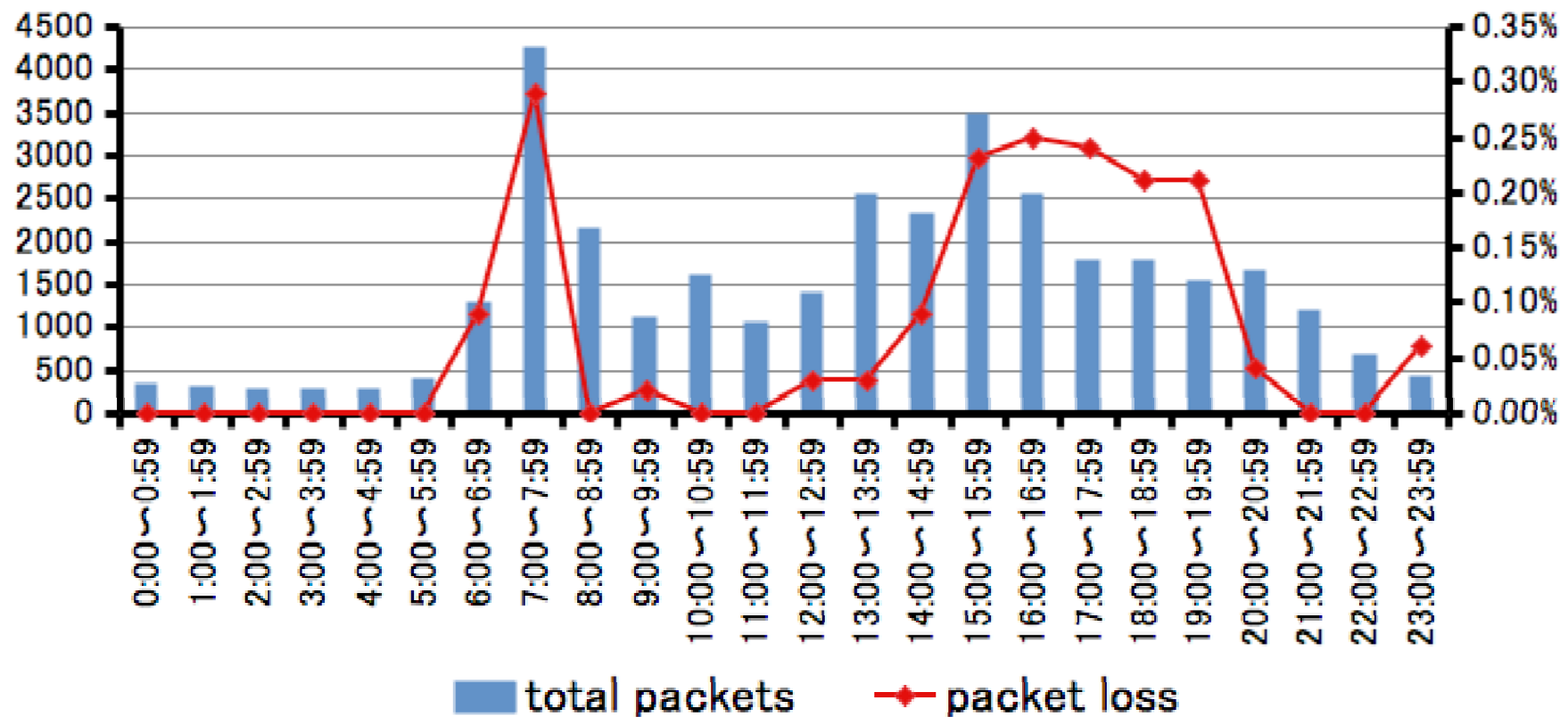
システムの構築（１）

長野県塩尻市

- 市内全小学校(10校)が対象
- 中継機 614台を設置
- 児童 502名が利用



Operation results



システムの構築（２）

信州大学 松本キャンパス



信州大学キャンパス内に構築した
実証フィールド
今後も、ネットワーク網、アプリ
ケーション、センサーネット
ワークの実証実験に使用



国プロジェクトとの関係

➤ 2004年度～2006年度

- 長野県中信地域のユビキタスネットワークを活用した電子自治体実現のための情報セキュリティに関する研究

➤ 2007年度～2008年度

- 自治体全域を網羅する安心・安全な街創りのための高耐障害性アドホックネットワークシステムの開発

➤ 2009年度～2010年度

- Ad-Hocネットワークとセンサネットワークを用いた高耐障害性地域災害通信システムの研究開発

➤ 2011年度～2012年度

- 地域全体の安全・安心を確保する防災・減災および鳥獣センシングを実現するセンサーネットワークシステムの研究開発

【地域情報通信技術振興型研究開発】

研究課題：自治体全域を網羅する安心・安全な街創りのための 高耐障害性アドホックネットワークシステムの開発

研究目的

現在のネットワーク

電源やネットワーク等有線インフラに依存

大規模災害発生時に緊急情報伝達手段として使えない！

どのような大規模災害が発生した時も生き残る情報通信インフラの開発

- ・電源・ネットワーク等の有線インフラからの自立
- ・自身の被災にも自律的に対応

ICT技術を用いた安全・安心な街創り
インフラが効率的に自治体全域をカバーできる技術の開発

災害時だけではなく平常時も利用される有益なアプリケーションの開発

地域見守りシステム

高耐障害性を持つ中継機網からなる通信インフラと、児童・高齢者が持つ子機の組み合わせ

研究概要・研究成果

自治体全域を網羅するアドホックネットワークシステムの開発

中継機1台あたりの子機数の急激な変化に対応するプロトコルの開発

中継機数の増加に対応するアドホックネットワークプロトコルの開発

地域全域をカバーする大規模情報インフラを実現！

多数の児童への対応が可能に！

開発した中継機
太陽電池で駆動し、電力線から自立。アドホックネットワークを自律的に形成し、高耐障害性を実現



平常時にも有益なアプリケーションの開発

(登下校時の児童の位置確認および独居高齢者の安否確認システム)

児童位置確認システムにおける位置精度の向上

GPSシステムとの併用運用

独居高齢者の安否確認システムの開発

300人以上の児童の位置確認システムを運用！

高齢者安否確認システムを試用評価！



開発した子機
児童が所持する発信器。移動時には3分毎にパケットを送信



保護者が見る画面
児童の位置を3分毎に補足し、現在の位置を地図上に表示

研究成果の社会的意義・社会への波及効果

安全・安心な街創り

情報通信技術で、児童・高齢者が安心して暮らし、大規模災害時にも災害情報通信が維持出来る街づくり

地場産業の振興

確立した無線通信技術を基に、地場IT技術系企業3社との連携体制が確立。新たな通信インフラを今後創造。

地域住民の生活向上へ寄与

児童：安心して育てられる街創りに寄与
高齢者：子機からの情報をもとに健康管理の可能性も今後追求

人材育成ポテンシャルの向上

本研究は、自治体との連携プロジェクト研究所の活用による成果
本研究を基盤として、組込システム技術者育成プロジェクトが進行

【SCOPE地域ICT振興型研究開発】

研究課題: Ad-Hocネットワークとセンサネットワークを用いた 高耐障害性地域災害通信システムの研究開発(092304014)

研究目的

大規模災害発生時にも利用できるAd-Hocネットワークを用いた高耐障害性情報インフラを開発し、長野県塩尻市で運用(2008年～)

災害発生時に有効に活用できるアプリケーションの開発

平時から災害弱者を常に見守るシステム

・児童見守りシステム

・高齢者見守りシステム

より多くの利用者への対応、機能の高度化

ICT技術を用いた高耐障害性地域災害通信システム

被害の発生箇所をリアルタイムに把握できるセンサネットワークの開発

・土砂崩れや河川の増水等をセンシング
センサ端末: 安価、電池で長時間駆動

研究概要・研究成果

災害弱者の位置・状況把握システムの開発

子機とサーバとの通信を双方向化
サーバから子機に制御情報を伝える機能の実装

中継器間通信の高速化
950MHz特定小電力無線モジュールの開発

3000人のユーザが同時に利用してもパケット損失率が5%以下のAd-Hoc無線ネットワークを構築

開発した中継機
太陽光パネルで動作する従来のAd-Hocネットワーク中継機に、950MHzの通信モジュールを増設。



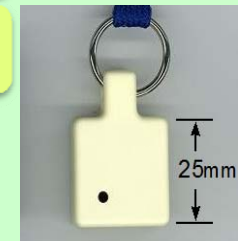
信州大学キャンパス内に構築した実証フィールド
今後も、ネットワーク網、アプリケーション、センサネットワークの実証実験に使用

被害の発生箇所をリアルタイムに把握できるセンサネットワークの開発

センサー端末: 小型化と電池による長時間駆動
受信回路省略と新規プロトコルの開発

土中水分量計測センサー端末の開発
土砂崩れの予測、川の増水の検出

コイン電池1個で3年半駆動し続ける小型端末を開発
様々なセンサーを接続できる多目的のセンサー端末を開発



開発したセンサー端末
小型化と電池による長時間駆動を実現

研究成果の社会的意義・社会への波及効果

安全・安心な街創り

情報通信技術で、児童・高齢者が安心して暮らし、大規模災害時には災害情報をリアルタイムに把握する災害通信インフラを提供

地場産業の振興

地場通信企業: 950MHz特定小電力無線モジュールを開発。同モジュールによる他の応用ビジネスが進展。

地域住民の生活向上へ寄与

災害時: 災害状況の把握
平時: 児童・高齢者が安心して暮らせる街創り

人材育成ポテンシャルの向上

本研究は、自治体との連携プロジェクト研究所の活用による成果
本研究を基盤として、組込システム技術者育成プロジェクトが進行

今後の計画

総合的なICT活用による安全・安心な社会の実現

- ・ 現システム（人を見守る）
- ・ センサーネットワーク（自然を見守る）
- ・ ホワइटスペース・エリアワンセグ（人に伝える）



RFIDタグを用いた大規模災害時搜索支援

目的・背景

大規模大害時には要救助者を早期に発見することが重要である。そのために 950MHz RFID タグを用いた被災者の早期発見方法を調査し提案する。

「地域における安心安全のためのRFIDの利活用に関する調査検討会」

電波を利用した電子タグシステムの現状把握と安心安全システムとしての今後の利活用方策や課題の整理を行い、今後も注意が必要な地震等災害時を想定したシステムによる検証により、地域における安心安全のためのRFIDの実用化に向けた調査検討を行う

大規模災害時

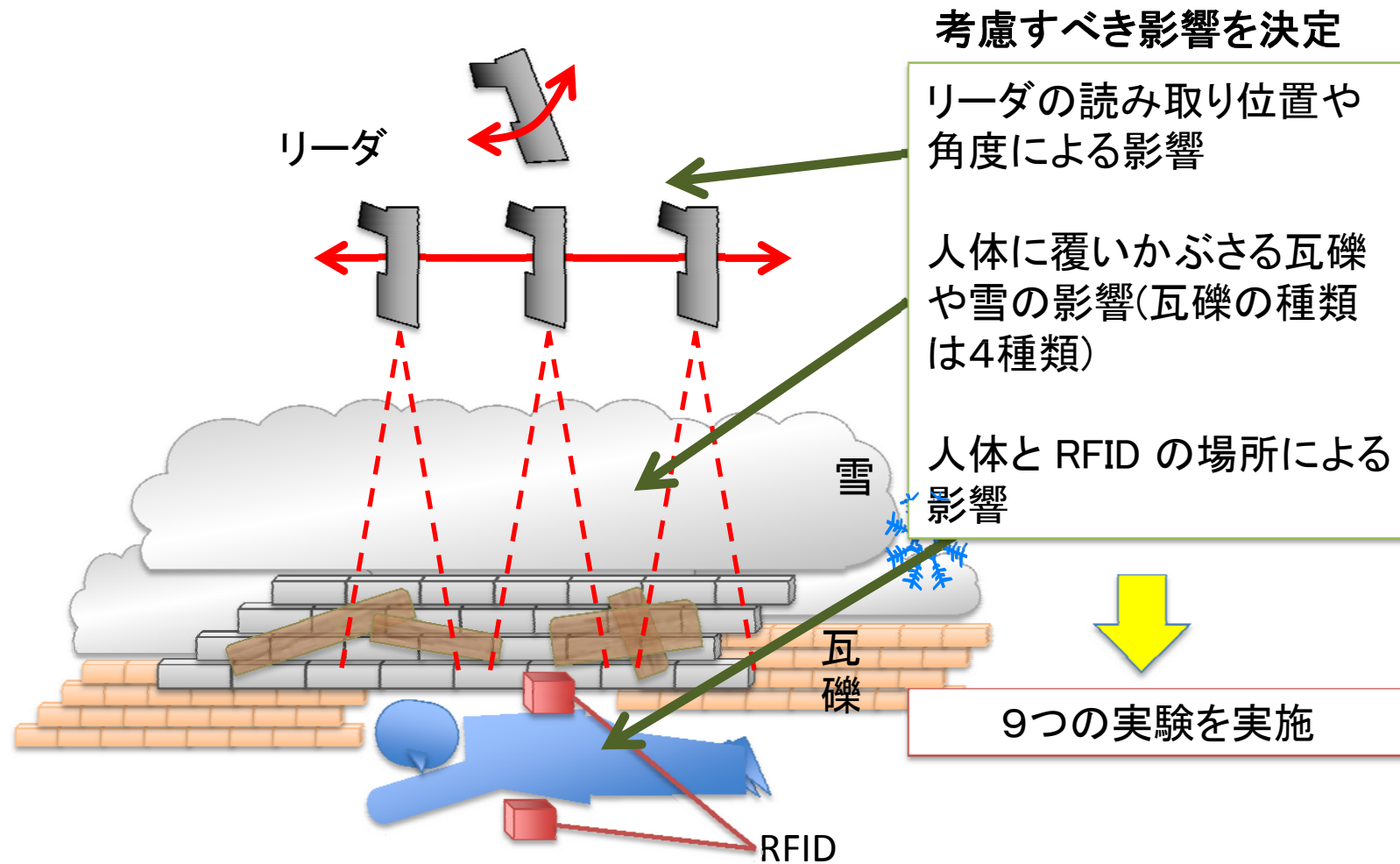
建築物の被害状況や被災者の安否確認等を迅速に行うことが必要
崩壊した建物の下に埋もれている人が発見できるか？

平成 22 年 5 月に制度化された 950MHz 帯中出力型パッシブタグシステム(空中線電力 250mW、空 中線利得 3dB 以下)について電波特性の基礎的データを収集し、被災者発見システムについて検討する

特定のメーカーや学術機関だけで実施するのではなく、様々なメーカーの開発者、複数の自治体関係者等、様々な立場で減災や RFID に関わる関係者が参加
(メーカー7、自治体5、学術機関2)

被災者と障害物

災害時における被災者を 950MHz RFID タグにて発見するにあたり、発見を阻害すると考えられる障害物の想定を行い、それに基づき実験を実施した。



RFID タグを用いた実験の概要

大規模大害時における被災者の早期発見のため、950MHz RFID タグを感知する実験を行った。障害物として、人体、コンクリート(鉄筋の有無)、合板、石膏ボード、瓦礫、雪の影響について基礎的データを収集した。

- 実験1 人体の電波伝搬特性測定
- 実験2 RFID タグ読み取り角度と距離における特性測定
- 実験3 コンクリート(鉄筋なし)の影響測定
- 実験4 コンクリート(鉄筋あり)の影響測定
- 実験5 合板の影響測定
- 実験6 石膏ボードの影響測定
- 実験7 瓦礫の影響測定
- 実験8 雪の影響測定
- 実験9 電波干渉実験

実験 1、2、9: 長野県工業試験所(岡谷)にある電波暗室内の自由空間において、950MHz パッシブタグとアクティブタグにおける人体の基本的な影響を測定する実験を実施した(2010/11/17)

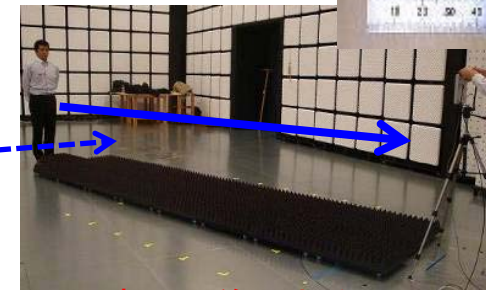
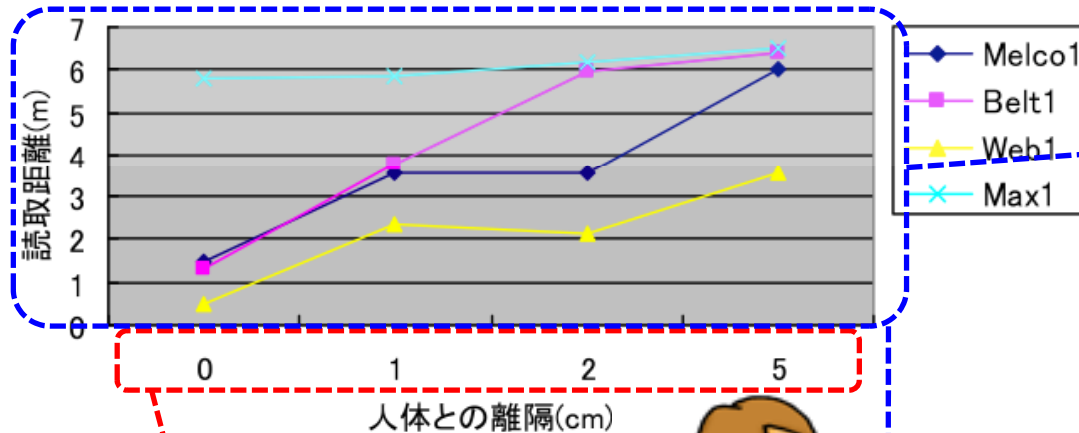
実験 3～7: 信州大学松本キャンパス(松本)にあるグラウンドにて、コンクリートや石膏ボード等の瓦礫を用いて基本的な特性を測定した(2010/12/07)

実験 8: 霊仙寺湖(長野県上水内郡飯綱町)において、実際の雪を用いてタグの読み取り性能を測定した(2011/01/11)

実験1 人体の電波伝搬特性測定

要救助者が所持する 950MHz RFID タグを読み取るために、要救助者自身の影響がどのように現れるのかを、人体からの距離と位置を変えながら測定した。

タグ(読み取り機に対して正面)-人体間の距離を変えた場合における読み取り距離測定結果



歩いて前に出る



ID読み取りコマンド

レスポンス (ID)

読取距離を測定



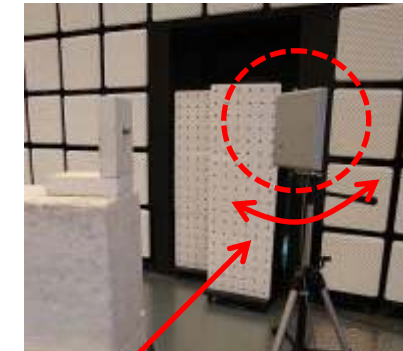
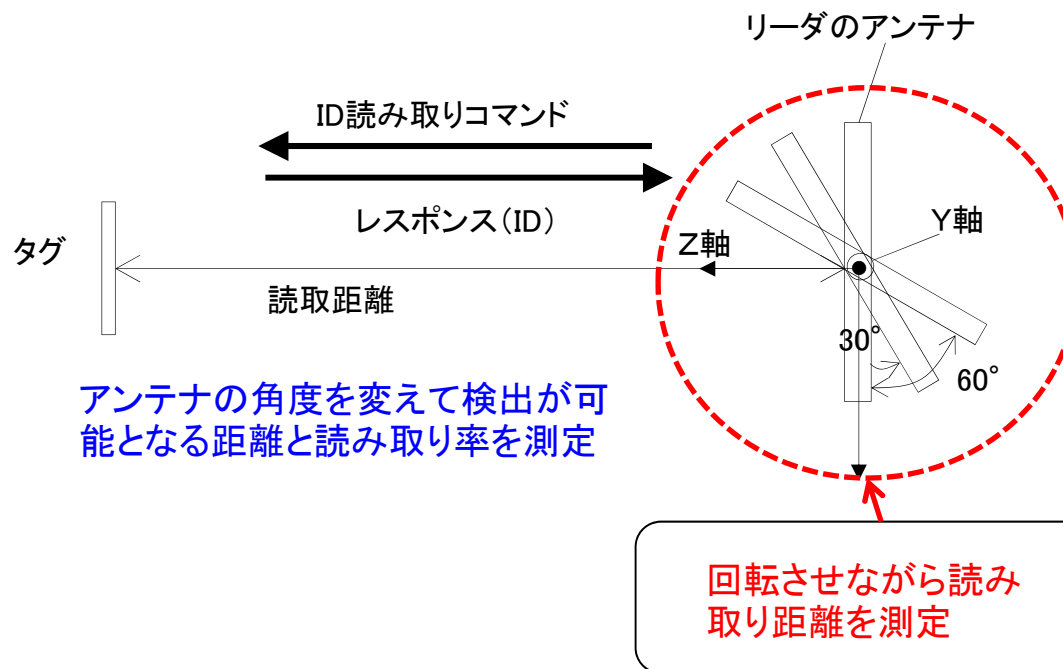
タグは人体から離せば離すほど読取距離が長くなった(遠くからでも読み取りが可能であった)。

読取率は、立ち位置により0%と100%の変化が急峻であり、読み取れた場合はいずれも100%であった。

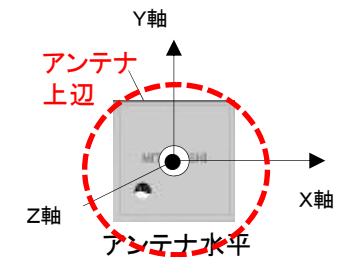
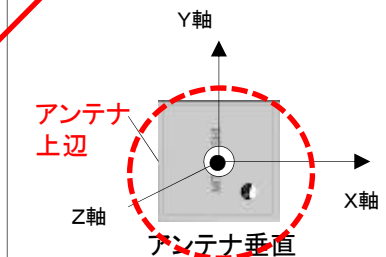
人体そのものはほぼ貫通しない。

実験2 RFID タグ読み取り角度と距離における特性測定

タグの垂直及び水平方向の距離を変えた場合の読取距離を測定した。回転台の上にアンテナを垂直または水平に固定し、回転台をY軸を中心に回転させて読取距離及び認識率を測定した。



回転台上にアンテナを固定する向き



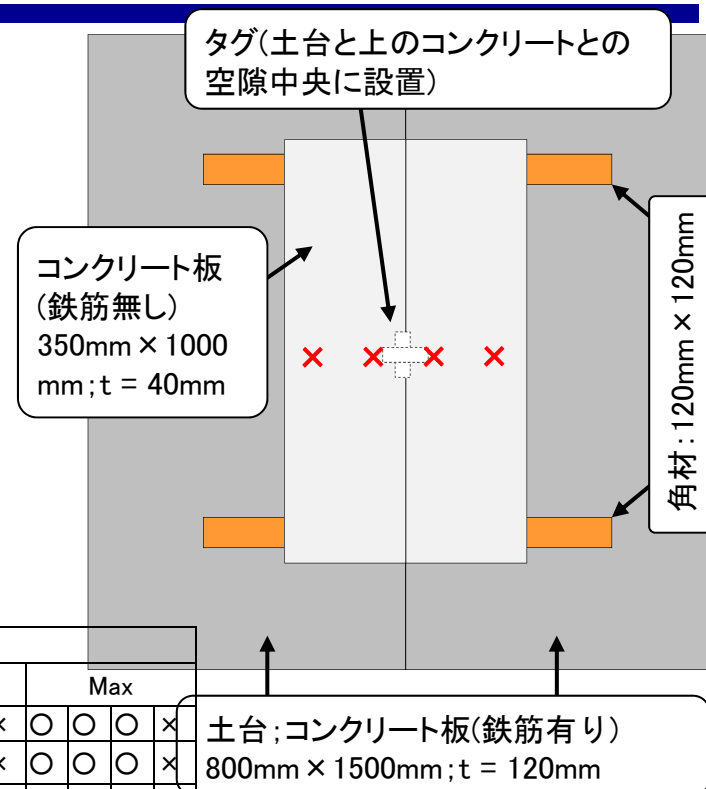
読み取り機の角度は 30 度単位で回転させた。アンテナの角度 30° では 0° の場合より若干読み取り距離が少なくなる程度で、あったが、 60° では読み取り距離は 1/3 程度となり読み取り率も 1/2 程度となった。

読み取り機側のアンテナを固定する方向は垂直方向や水平方向で変えても読み取り性能には差がない。

実験3 コンクリート(鉄筋なし)の影響測定

コンクリート板(鉄筋無し)を5枚重ね、読み取りを試した。最も読み取りが弱いOmni-ID Proxタグを中出力ハンディで読めるまで1枚ずつ枚数を減らして読み取りを試した。

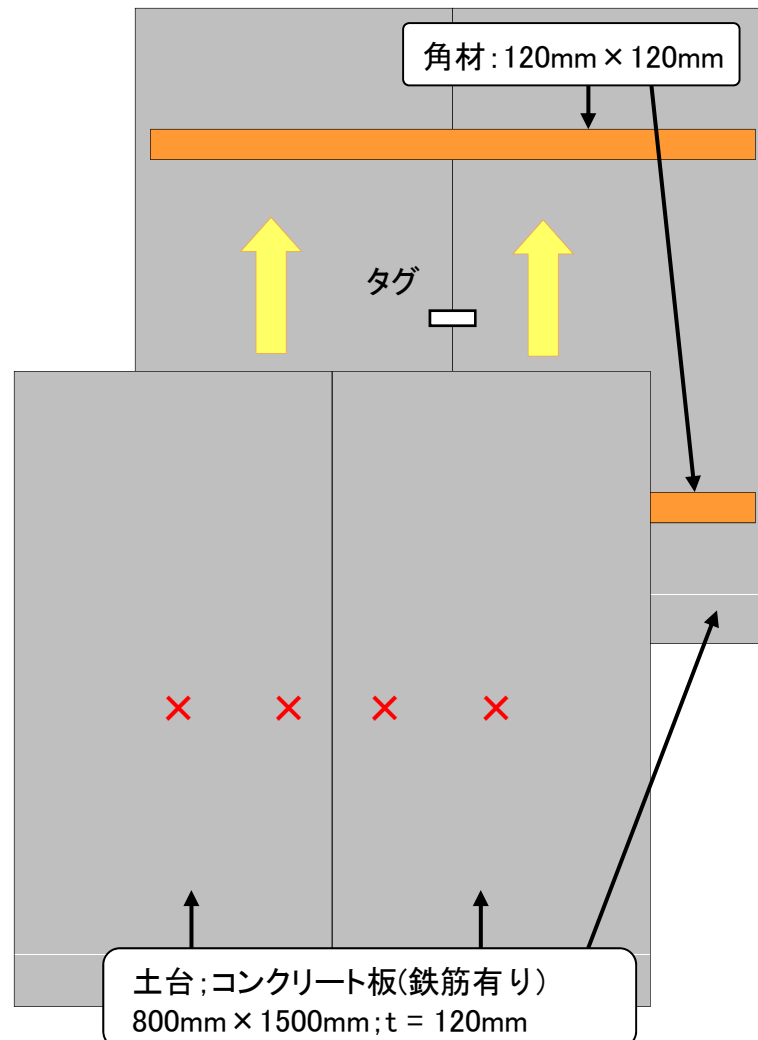
※障害物のコンクリート板の中央の両端から10cmのところに×印を書き、ここから5cmの距離にアンテナを近づけて読み取り可否を試した。



タグの向き	枚数	5枚											
	タグ種別	Prox				Flex				Max			
水平方向	250mW	-	-	-	-	x	x	○	x	x	x	○	x
	1W	-	-	-	-	x	x	○	○	x	○	○	○
垂直方向	250mW	x	x	x	x	○	○	x	x	x	x	○	○
	1W	x	x	x	x	○	○	○	○	○	○	○	○
タグの向き	枚数	4枚											
	タグ種別	Prox				Flex				Max			
水平方向	250mW	-	-	-	-	x	x	○	x	x	○	○	x
	1W	-	-	-	-	○	○	○	○	○	○	○	○
垂直方向	250mW	x	x	x	x	x	x	○	○	○	x	○	○
	1W	x	x	x	x	x	○	○	○	x	○	○	○
タグの向き	枚数	3枚											
	タグ種別	Prox				Flex				Max			
水平方向	250mW	-	-	-	-	x	x	○	x	x	○	○	x
	1W	-	-	-	-	○	○	○	○	○	○	○	○
垂直方向	250mW	x	x	x	x	x	x	○	○	○	○	○	○
	1W	x	x	x	x	x	○	○	○	x	○	○	○
タグの向き	枚数	2枚											
	タグ種別	Prox				Flex				Max			
水平方向	250mW	x	x	x	x	x	○	○	x	○	○	○	x
	1W	x	○	○	x	○	○	○	○	○	○	x	x
垂直方向	250mW	x	x	x	x	○	○	○	○	○	○	○	○
	1W	x	○	○	x	○	○	○	○	○	○	○	○
タグの向き	枚数	1枚											
	タグ種別	Prox				Flex				Max			
水平方向	250mW	x	x	x	x	x	○	○	x	○	○	○	○
	1W	x	○	○	x	○	○	○	○	○	○	○	○
垂直方向	250mW	x	x	x	x	○	○	○	○	○	○	○	○
	1W	x	○	○	x	○	○	○	○	○	○	○	○

実験4 コンクリート(鉄筋あり)の影響測定

コンクリート板(鉄筋あり)を重ね、読み取りを試した。最も読み取りがタグを高出力読み取り機で読めなくなるまで1枚ずつ枚数を増やして読み取りを試した。

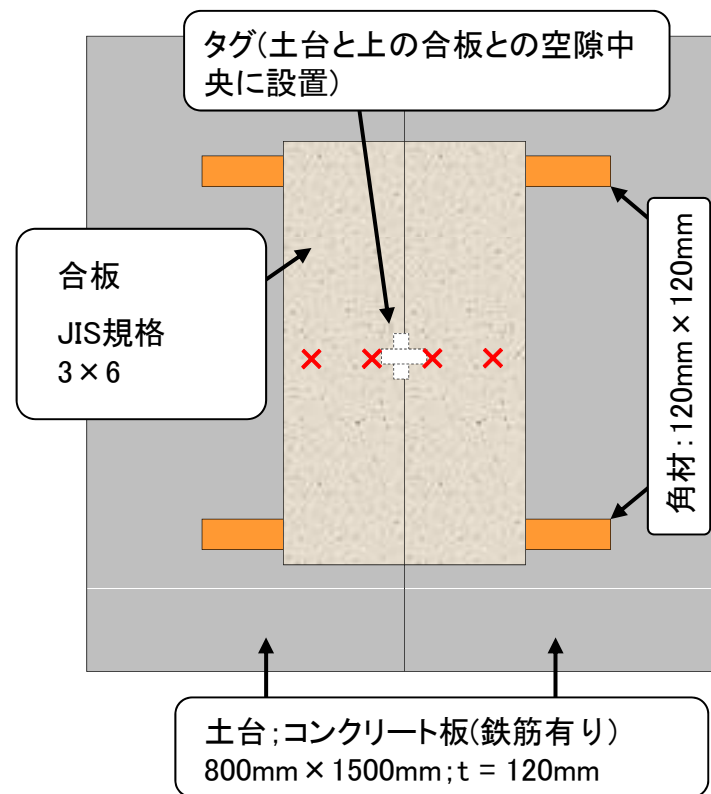


※障害物のコンクリート板の中央から10cmのところおよびさらに30cmのところに×印を書き、ここから5cmの距離にアンテナを近づけて読取可否を試した。

タグの向き	枚数	1枚											
	タグ種別	Prox				Flex				Max			
水平方向	250mW	×	×	×	×	×	○	○	×	×	○	○	×
	1W	×	×	○	×	×	○	○	×	×	○	○	×
垂直方向	250mW	×	×	×	×	×	○	×	×	×	○	○	○
	1W	×	×	×	×	×	○	○	×	×	○	○	×
タグの向き	枚数	2枚											
	タグ種別	Prox				Flex				Max			
水平方向	250mW	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	1W	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	×
垂直方向	250mW	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	1W	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	○	×
タグの向き	枚数	3枚											
	タグ種別	Prox				Flex				Max			
水平方向	250mW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1W	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×
垂直方向	250mW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1W	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×

実験5 合板の影響測

合板を5枚重ね、読み取りを試した。最も読み取りが弱いOmni-ID Proxタグを中出力ハンディで読めるまで1枚ずつ枚数を減らして読み取りを試した。

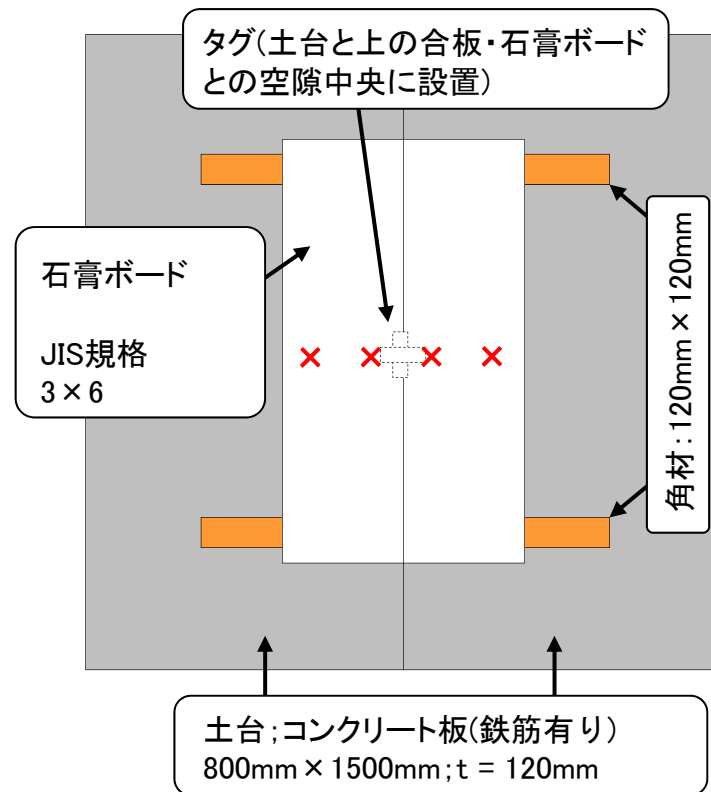


※障害物の合板の中央の両端から10cmのところに×印を書き、ここから5cmの距離にアンテナを近づけて読取可否を試した。

タグの向き	枚数 タグ種別	5枚							
		Prox				Max			
水平方向	250mW	×	×	×	×	×	○	○	×
	1W	×	○	○	×	○	○	○	○
垂直方向	250mW	×	×	×	×	○	○	○	○
	1W	×	○	○	×	○	○	○	○
タグの向き	枚数 タグ種別	4枚							
		Prox				Max			
水平方向	250mW	-	-	-	-	-	-	-	-
	1W	-	-	-	-	-	-	-	-
垂直方向	250mW	×	×	×	×	-	-	-	-
	1W	-	-	-	-	-	-	-	-
タグの向き	枚数 タグ種別	3枚							
		Prox				Max			
水平方向	250mW	×	○	×	×	-	-	-	-
	1W	×	○	○	×	-	-	-	-
垂直方向	250mW	×	○	×	×	-	-	-	-
	1W	×	○	○	×	-	-	-	-
タグの向き	枚数 タグ種別	2枚							
		Prox				Max			
水平方向	250mW	×	○	×	×	-	-	-	-
	1W	×	○	×	×	-	-	-	-
垂直方向	250mW	×	○	×	×	-	-	-	-
	1W	×	○	○	×	-	-	-	-

実験6 石膏ボードの影響測定

石膏ボードを5枚重ね、読み取りを試した。最も読み取りが弱いOmni-ID Proxタグを中出力ハンディで読めるまで1枚ずつ枚数を減らして読み取りを試した。

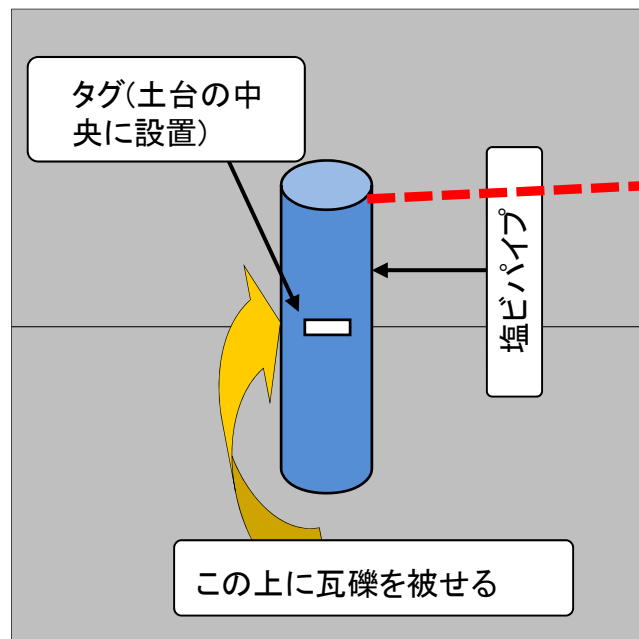


※障害物の石膏ボードの中央の両端から10cmのところに×印を書き、ここから5cmの距離にアンテナを近づけて読取可否を試した。

タグの向き	枚数 タグ種別	5枚							
		Prox				Max			
水平方向	250mW	×	○	○	×	×	○	○	○
	1W	×	○	○	×	○	○	○	○
垂直方向	250mW	×	×	○	×	○	○	○	○
	1W	×	○	○	×	○	○	○	○
タグの向き	枚数 タグ種別	3枚							
		Prox				Max			
水平方向	250mW	×	○	○	×	-	-	-	-
	1W	×	○	○	×	-	-	-	-
垂直方向	250mW	×	×	○	×	-	-	-	-
	1W	×	○	○	×	-	-	-	-

実験7 瓦礫の影響測定1

パッシブタグシステム金属対応タグ3種類、アクティブタグでは送信機をそれぞれ対象とし、アンテナまたは受信機でそれぞれ読み取り調査を行った。災害時の埋覆者の搜索を考慮して、アンテナをざっとかざし、読み取れなければ読取不可と判定した。瓦礫の上にさらにコンクリート板を配し読み取れるか調査した。



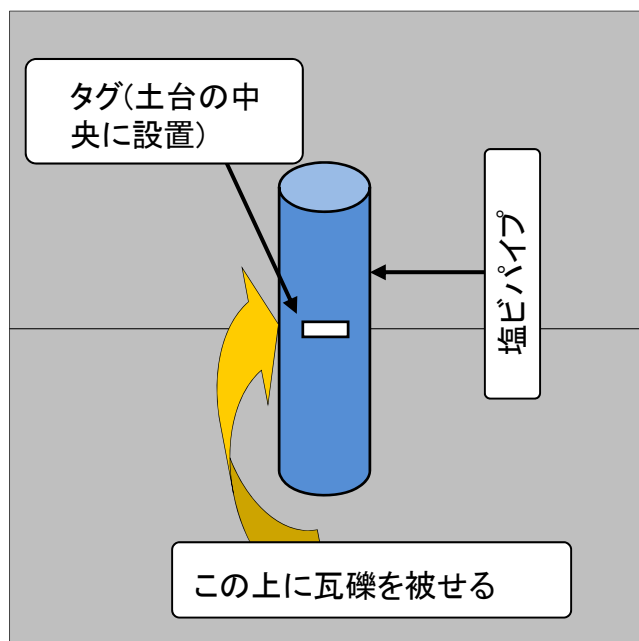
コンクリートや石エボード等の瓦礫(小片)を積み上げた場合の読み取り状況

	250mWハンディ	1W
Prox	読取不可	読取不可
Flex	読取困難。 ただし、隙間を狙えば読み取れた。	瓦礫の上にアンテナをかざす事で一様に読み取れた。ただし、アンテナをタグの向きに対して垂直に対すると角度によっては読み取りが悪い傾向が見られた。
Max	読取困難。 ただし、隙間を狙えば読み取れた。	瓦礫の上にアンテナをかざす事で一様に読み取れた。ただし、アンテナをタグの向きに対して垂直に対すると角度によっては読み取りが悪い傾向が見られた。

- ①図のように塩ビパイプの中、土台中央にタグを配置し、粗く砕いたコンクリート片を塩ビパイプの上から配置していき、読み取り距離の計測を実施。
- ②パッシブ、アクティブ各タグについて計測を実施。

実験7 瓦礫の影響測定2

パッシブタグシステム金属対応タグ3種類、アクティブタグでは送信機をそれぞれ対象とし、アンテナまたは受信機でそれぞれ読み取り調査を行った。災害時の埋覆者の搜索を考慮して、アンテナをざっとかざし、読み取れなければ読取不可と判定した。**瓦礫の上にさらにコンクリート板を配し読み取れるか調査した。**



コンクリートや石エボード等の瓦礫(小片)の上に、コンクリート板を積み重ねた場合の読み取り状況

	250mW/ハンディ	1W
Prox	読取不可	読取不可
Flex	読取不可	瓦礫の上にアンテナをかざす事で様に読み取れた。ただし、アンテナをタグの向きに対して垂直に対すると角度によっては読み取りが悪い傾向が見られた。
Max	読取不可	瓦礫の上にアンテナをかざす事で様に読み取れた。ただし、アンテナをタグの向きに対して垂直に対すると角度によっては読み取りが悪い傾向が見られた。

- ①図のように塩ビパイプの中、土台中央にタグを配置し、粗く砕いたコンクリート片を塩ビパイプの上から配置していき、読み取り距離の計測を実施。
- ②パッシブ、アクティブ各タグについて計測を実施。

実験8 雪の影響測定

冬期災害時に想定される雪の影響を測定するため、雪被り厚を変えつつ読み取り距離を測定した。発泡スチロールに挟んだタグに対し、徐々に雪を積み重ね読み取り距離の測定を行った。



中出力型における読み取り性能

雪被り厚	読取距離
106cm	151cm
59cm	138cm
42cm	84cm
0cm	130cm

読み取り機が高出力型の場合、1m の雪被り厚において数メートルからの読み取りが可能であった。

アクティブ型では、1m の雪被り厚において 10m の距離から読み取り可能であった。

気象データ(飯綱町に隣接する信濃町のデータ; 気象庁データより)

	最低気温	最高気温	降水量	降雪
実験前々日	-9.5°C	1.8°C	7.5mm	22cm
実験前日	-9.1°C	-4.3°C	5mm	11cm
実験当日	-12.9°C	-2.7°C	0mm	0cm

実験結果の評価

災害時における 950MHz RFID を用いた被災者の早期発見のために、実験結果の有用性等を評価する。

RFID の所持方法：人体の影響を受けないよう所持してもらう方法を検討する必要がある。リーダと正対する場合1cm人体から離すだけでも効果がある(実験1)。

リーダによる要救助者探索の方法：角度の影響より水平距離の影響が大きいため、それを考慮した探査方法を考案する必要がある(実験2～6)。

瓦礫の影響：合板や石工ボードに比べコンクリートの影響は非常に大きい。しかし、瓦礫の開口部から探知することは可能である(実験7)。タグに対する角度や読み取り特性を基(実験1)に、瓦礫が散乱するであろう実際の現場(実験7)での探索(探知)方法を考案し実証する必要がある。

雪の影響：雪の影響測定では読み取り性能が一部向上した(実験8)が、雪の性質や変形パラボナアンテナ形成などの要素が重要であるため引き続き調査が必要である(実験時は新雪)。

RFID タグの種類：読み取り性能を大きく左右するため、選定等にあたっては配慮が必要である。

エリアワンセグを用いた情報伝達システム

災害情報を一斉に伝達するシステムの確立

- ・ 有線インフラ（電力，ネットワーク）に頼らない
- ・ 多くの人に同時に伝えることが出来る

