

モバイル・クラウド心電図の開発

～プレホスピタル心電図普及をめざして

藤田英雄

東京大学医学部附属病院 循環器内科 / 社会連携講座・健康空間情報学

12誘導心電図伝送研究会 2014/02/23

Reperfusion goals:

Symptom onset-to-reperfusion < 120 min
 EMS-to-drug < 30 min
 EMS-to-balloon < 90 min

(1) Prehospital ECG interpreted by EMS or transmitted by cell phone to hospital
 (2) Pre-arrival activation of catheterization laboratory

Reperfusion goals for STEMI, JRC Guidelines 2010 ACS

Increasing loss of myocytes

ACSの初期診療アルゴリズム

JRCガイドライン 2010

12誘導心電図伝送研究会 2014/02/23

プレホスピタル12誘導心電図診断

急性心筋梗塞においてプレホスピタル12誘導心電図は臨床的アウトカムを有意に改善する

- ✓ 再灌流療法に至るまでの時間を3-2-6分短縮した¹⁻³
- ✓ 収容後院内死亡率を有意に改善した (8% vs 12%, p<0.001)⁴

普及が困難な理由

- ✓ 高コスト
- ✓ 送受信双方の人的体制と医療責任
- ✓ 医療体制により柔軟な運用が求められる
- ✓ 伝送方法が標準化されていない

1 Weaver WD, et al. JAMA 270: 1211-16 (1993)
 2 Morrison LJ, et al. JAMA 283:2686-92 (2000)
 3 Weaver WD, et al. J Am Coll Cardiol 15:937-9 (1990)
 4 Canto JS, et al. J Am Coll Cardiol 29: 498-505 (1997)

12誘導心電図伝送研究会 2014/02/23

目的

急性冠症候群に求められるプレホスピタル12誘導心電図伝送のしくみをモバイル・クラウドICTを用いて構築し、時空間・コスト等制約を低減し、医学的・医療的・医療経済的アウトカム向上をめざす

12誘導心電図伝送研究会 2014/02/23

STEMIの虚血時間短縮のための臨床的に必要なECG要件

- 静止した完全な12誘導心電図
- 高解像度
- 数分ごとに反復して伝送可能
- 持続的モニタリングは不要
- 救命士・コメディカルにも簡便・確実なUsability
- 人の生活圏を可能な限りカバー
- 救急車の移動中も安定した伝送性能

12誘導心電図伝送研究会 2014/02/23

様々な心電図伝送手段と特徴

	簡易性	伝送信頼性	心電図の信頼性	柔軟性	普及性 (標準化)	セキュリティ	コスト
口述	◎	○			○		◎
FAX		○				×	○
写メール	◎	○	△		◎	△	○
製品X	○	△	○			△	○
製品Y		△	◎			○	
コンパクト 心電計+ モバイル+ クラウド	○	◎	○	○	○	○	○

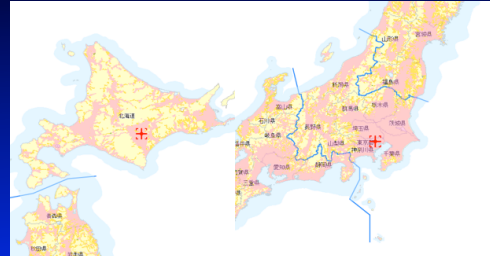
同時伝送性のトレードオフにより伝送信頼性は◎

12誘導心電図伝送研究会 2014/02/23

東京大学 循環器内科・健康空間情報学講座

NTTドコモ 3G(FOMA)網 サービスエリア

人口カバー率 100%



12誘導心電図伝送研究会 2014/02/23

東京大学 循環器内科・健康空間情報学講座

リアルタイム伝送の必要性

- 虚血性心疾患の診断とリスク評価には肢誘導のみではなく、12誘導心電図伝送が必須である。
- 高規格リアルタイム伝送は理想的である
- 受信側で12誘導心電図を持続的に診断することは物理的にも医療安全上も困難である
- 不整脈のリアルタイム伝送の必要性は近年AED普及により相対的に低下した
- 携帯電話網は圧倒的な伝送速度の下りに比較して上りの速度は制限されている



12誘導心電図伝送研究会 2014/02/23

東京大学 循環器内科・健康空間情報学講座

心電図の標準化

- 医療情報は標準化により流動性とcompatibilityが飛躍的に増した
 - (例) HL7 CDR, SS-MIX, DICOM
 - 診療 電子カルテとの流通性
 - 医療 診療連携、遠隔医療
 - 研究 大規模試験、疫学調査
- MFER (Medical waveform Format Encoding Rules)
 - 波形情報として取り扱う
 - 日本発祥のフォーマット
 - ISO/TS 11073-92001:2007 として国際規格化

12誘導心電図伝送研究会 2014/02/23

東京大学 循環器内科・健康空間情報学講座

仕様決定の優先点

- 虚血性心疾患の診断とリスク評価には肢誘導のみではなく、12誘導心電図伝送が必須である
- 高規格リアルタイム伝送は理想的であるが、その必要性は近年AED普及により相対的に低下したため不要とする
- 携帯電話網においては圧倒的な伝送速度の下りに比較して上りの速度は制限されており、ユビキタス高速通信環境の整備には時間がかかる

12誘導心電図伝送研究会 2014/02/23

東京大学 循環器内科・健康空間情報学講座

心電計仕様

- 心電計ユニット (EC-12R: Labtech社, Hungary)
 - BluetoothよりPCに波形を送信する 薬事法承認済
 - 良質な12誘導心電図
 - コンパクトである (6x3x2cm)
 - 波形情報をリアルタイムでBluetoothでPC/Smartphoneに送信
 - ノイズに強く、移動車内でも基線揺れが少ない (マスター心電図可能)
 - バッテリー (充電式単三電池) 2本で半日動作



12誘導心電図伝送研究会 2014/02/23

東京大学 循環器内科・健康空間情報学講座

モバイル仕様

- ソフトウェア/アプリ (Cardiospy®: Labtech, Hungary)
 - 救急症例使用のため**患者情報匿名化**
 - 循環器専門医の6x2ビューを基本とする
 - クラウドサーバー送信/他媒体送信
 - 多プラットフォーム
 - Windows PC/Tablet
 - Windows Mobile
 - Android Smartphone/Tablet
 - iOS (coming)
 - 伝送はリアルタイムではなく**都度伝送**とする
 - 伝送経路は携帯電話網(3G/LTE), Wifiを自動的に選択できる



12誘導心電図伝送システム 2014/2/23

東京大学 循環器内科・健康空間情報学講座

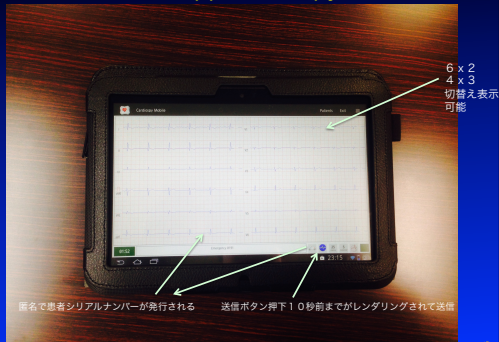
スマートフォンにより得られる価値

- Usability
- 自由度が高い
- 成長性が得られる
 - 伝送インフラに早く対応
 - 開発コスト抑制
- 他のアプリとの共存
 - 救急医療システムは多数のアプリ群に集約されていく
 - 統合型環境の構築が容易

12誘導心電図伝送システム 2014/2/23

東京大学 循環器内科・健康空間情報学講座

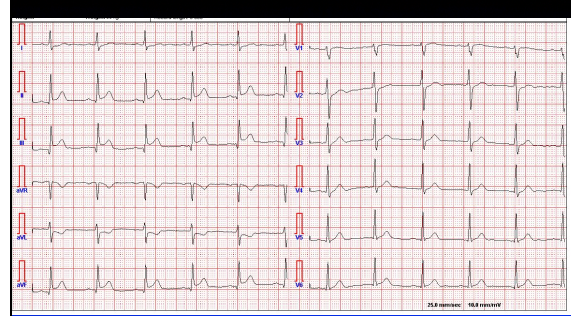
Android App Cardiospy®



12誘導心電図伝送システム 2014/2/23

東京大学 循環器内科・健康空間情報学講座

伝送された精細な12誘導心電図



6x2ビューを基本として印刷、PDF化して電子カルテにも取り込み可能

12誘導心電図伝送システム 2014/2/23

東京大学 循環器内科・健康空間情報学講座

クラウド仕様

- 最低動作環境
 - Windows server 2003 / RAM 8GB/ Storage 4TB
- データベース機能をもつ独自の12誘導心電図アプリケーション
- MFERにも対応し、標準化にも備える
- 端末PCの閲覧ソフトウェアNetECGはJavaでクラウドからダウンロードして動作 (SaaS)
- データベースによる蓄積・自動診断機能を備える
- インターネット上のどこからもアクセス可能
- 通信内容は暗号化
- アカウント(ID/PW)にてログイン 多桁対応
- 実証試験には東京大学医学部附属病院健康空間情報学講座内に設置したサーバを用いた

12誘導心電図伝送システム 2014/2/23

東京大学 循環器内科・健康空間情報学講座

セキュリティ仕様(現状)

- ネットワーク層 Virtual Private Network (VPN)
- アプリケーション層 ID, PWによる認証
- 通信層 暗号化
- システム層 患者匿名化

12誘導心電図伝送システム 2014/2/23

東京大学 循環器内科・健康空間情報学講座

Android携帯端末がどこでも心電図送信機になる

Smartphone

7" Tablet

10" Tablet

12誘導心電図伝送システム 2014/2/23

モバイルクラウド12誘導心電図システム

クラウド上サーバ

3G携帯電話網

インターネット

携帯型12誘導心電図ユニット

PC/Tablet PC

Bluetooth

Windows mobile

Android Smartphone/Tablet

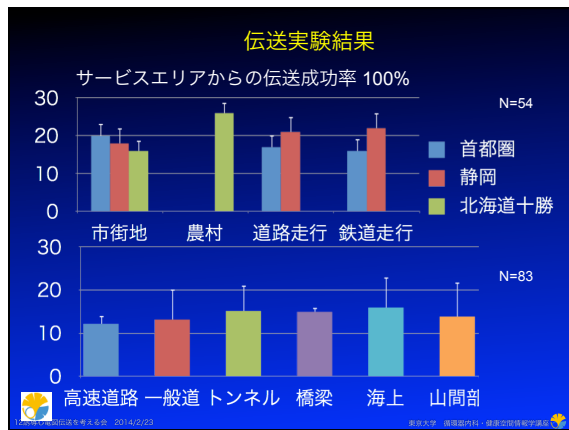
Labtech, Ltd. (Debrecen, Hungary)

12誘導心電図伝送システム 2014/2/23

伝送実験

- 方法
 - 心電計をジェネレータに接続し、送信ボタンを押してからクラウドを通じてPC(MacBook Air)に心電図が表示されるまでの時間を計測する
- 実験環境
 - ✓ キャリア: emobile および NTTドコモ
 - ✓ 通信方式: HSDPA/W-CDMA(1.7GHz)GS(900/1800/1900MHz)
 - ✓ 下り 7.2Mbps(ベストエフォート)
 - ✓ 場所
 - ✓ 首都圏(東京都・千葉県・神奈川県)
 - ✓ 静岡県静岡市・焼津市・藤枝市・島田市・川根本町
 - ✓ 北海道十勝地方(帯広市・中札内村・足寄町・士幌町)
 - ✓ 市街地・鉄道走行(東海道新幹線・JR中央線)・自動車走行・農村地

12誘導心電図伝送システム 2014/2/23



モバイル・クラウド12誘導心電図システム

クラウド上サーバ SaaS

携帯電話網

インターネット

携帯型12誘導心電図ユニット EC-12R (Labtech Co. Ltd, Hungary)

暗号化

PC

✓ 実業法承認済 患者情報匿名化 標準据付型心電計の約半額

12誘導心電図伝送システム 2014/2/23

モバイルクラウド心電図の実証試験

北里大学

大分大学

北斗病院

3次救急病院

2次救急

ドクターカー

救急車

ドクターカー 2011/8-

救急車 2013年

地域基幹病院

診療所

一般病院

2011/9-

12誘導心電図伝送システム 2014/2/23

臨床試験(1) 広域救急医療連携

- 北斗病院 (北海道帯広市)





- 足寄国保病院
- 池田町立病院 (十勝いけだ地域医療センター)
- 新得診療所
- 広尾国保病院
- えりも国保病院

急性循環器疾患が疑われ搬送照会例についてモバイルクラウド心電図供覧の上北斗病院で搬送決定を行った

Fujita H, et al. Jpn J Telemed Telecare 2011; 7: 144

症例 (えりも町立病院)



【症例】 84歳女性

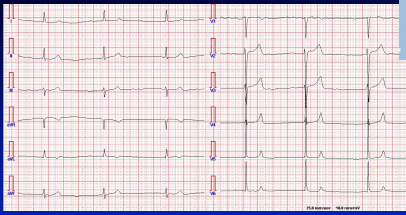

【主訴】 全身倦怠感・めまい・ふらつき

【現病歴】 慢性心不全にてえりも診療所通院中

2012/6/5 上記主訴にてえりも診療所受診
徐脈と血圧低下あり。K 5.97 mEq/l


北斗病院へ照会となり、クラウド心電図供覧

クラウド心電図と搬送後経過

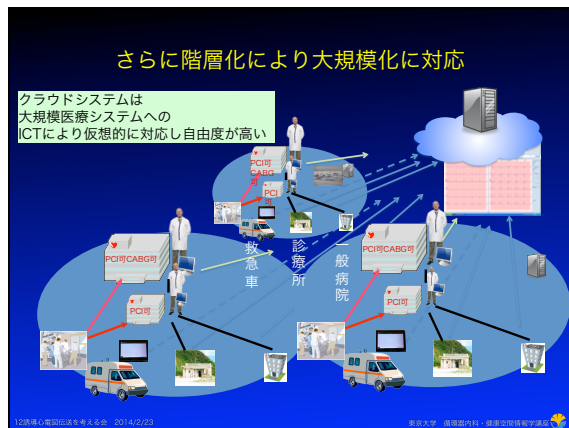
- 高度の徐脈性心房細動と診断
- 転搬送を決定 125 km
- β遮断薬・ARB・アルドステロン拮抗薬を中止
- 薬物のwash outと高Kは正により、ペースメーカー植込不要にて退院

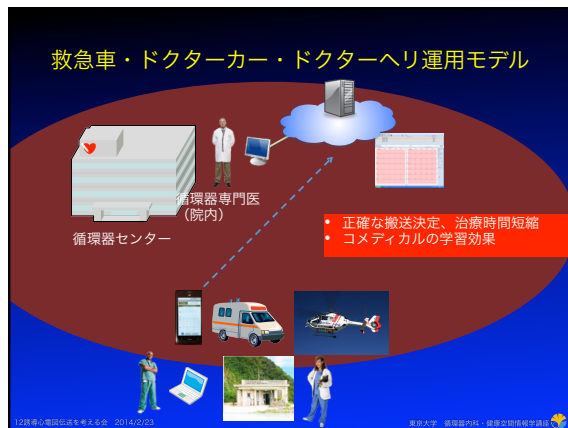
結果—広域救急医療連携



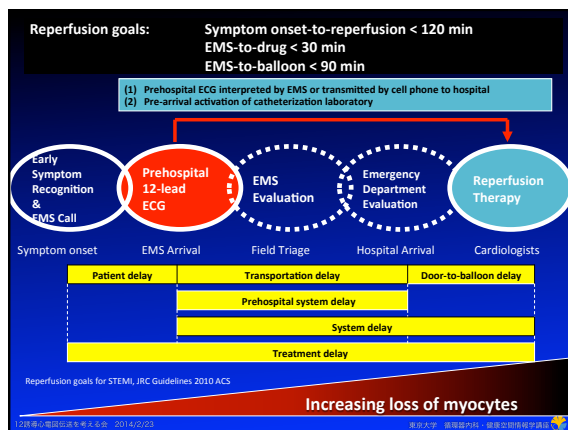
	道のり (km)	期間 (月)	総回数	救急搬送	救急搬送率 (%)
足寄	50	19	12	2	17
池田	24	14	8	0	0
新得	45	7	3	1	33
広尾	78	10	1	0	0
えりも	125	10	8	1	13
平均・総計	64 ± 39	12 ± 4.6	32	4	12.6

トリアージ (リスク層別化) により、救急搬送の判断がより適切化した





- ### 今後の方向性
- クラウド心電図の臨床的有用性フィールドの拡大
 - 循環器救急
 - 救急医療
 - 災害医療
 - 病診連携 在宅医療
 - 個人防護システム
 - 開発
 - マルチモダリティに対応した救急医療クラウドの構築
 - 心電図クラウド上でのDBエンジン、DWH構築
 - ウェアラブル心電図電極
- 12誘導心電図伝送研究会 2014/02/23
東京大学 循環器内科・救急学国際研究センター



- ### 結語
- STEMIの治療は病院内から救急システムにそのターゲットも裾野を広げつつある
 - プレホスピタル12誘導心電図を低コストで実現する仕組みが整いつつある
 - モバイルクラウド心電図は有力な候補である
 - 低コスト、簡便性、汎用性、標準化、セキュリティ
 - 拡張性、柔軟性、教育ツール
 - STEMIの新たな治療ターゲット「全虚血時間の短縮」が改めて治療ゴールとして具体化できる
 - 循環器救急のモバイルICTによる更なる研究開発も求められる
 - 救急画像クラウドとの連携
- 12誘導心電図伝送研究会 2014/02/23
東京大学 循環器内科・救急学国際研究センター