

## 循環器救急医療の展望と モバイル・テレメディシンについて

野々木 宏\*

### はじめに

我が国における3大死因は、悪性腫瘍、心疾患、脳卒中であり、後者2疾患は循環器疾患である。その2つの死亡数を合計すると悪性腫瘍とほぼ同数であり、単一臓器としては最大の死因といえる。またその特徴は急性期治療が奏功すると救命の可能性や社会復帰率が上昇することである。これまでの調査から、急性心筋梗塞の死亡の半数は病院外での突然の死亡であることが明らかになった<sup>1)</sup>。循環器疾患の救命対策のフォーカスは院外にあると言われる所以である。本稿では、循環器救急医療の現状とその対策としてIT活用によるプレホスピタルにおける救急隊と病院間連携について紹介をしたい。

### 循環器救急医療の現状

2010年は、心肺蘇生法(CPR)が確立されてから50周年の年で、国際ガイドライン改訂の年でもあり、注目されている特別な年である<sup>2)</sup>。実験中に動物の胸郭を圧迫すると動脈圧が上昇することから、心臓マッサージの効果がわかり、また、術後の患者に対して、気管チューブから呼吸を吹き込むことにより、動脈の酸素飽和度を維持できることが証明され、口対口呼吸による人工呼吸法が確立された。同じ時期に、心室細動に対する電気ショック、すなわち直流除細動の有用性も確立され、忘れ去られていた3つの蘇生の方法、すなわち人工呼吸法、胸骨圧迫心臓マッサージ法、電氣的除細動が揃い、統合された年が1960年であり、まさに、現代のCPRの開幕といえる年である<sup>3)</sup>。この時期

に、急性心筋梗塞(AMI)に対する集中治療室、CCUも確立され、1965年には、ベルファストでモバイルCCUが導入された。

救急救命士が養成されて、救急医療サービスにより、最も効果を上げたのがシアトル市であった。我が国でもシアトルを目標に救急システムの改良や、心停止の登録作業がウツタイン様式を用いて実施されるようになった。その結果、我が国での院外心停止が年間10万人と多数例あることが判明し、その対策が急務であるとされる<sup>4)</sup>。この登録は心原性と非心原性に大別されるにとどまるため、その原因については明らかでない。心停止の原因を明らかにした報告として東海林らの報告がある(図1)<sup>5)</sup>。心停止により搬入され死亡した成人症例の病理解剖により原因を検討した結果、内因性心停止593例の34%がAMIで最多であり、その他の心疾患(陳旧性心筋梗塞、冠攣縮性狭心症、致死性不整脈、心筋症、弁膜症、先天性心疾患、心タンポナーデが含まれる)が18%、大動脈瘤破裂と急性大動脈解離などの大動脈病変12%、くも膜下出血14%、その他(急性呼吸不全、肺塞栓、アルコール中毒、消化管出血、脳神経筋疾患、癌末期など)22%であった。その結果、心臓性が52%であり、また脳血管と大血管疾患を含めた循環器疾患が78%と高率であることが判明した。

その最大原因であるAMIでは、治療成績の向上によりCCUでの死亡率は5%前後と低率となっているが、院外心停止を含めるとなお高率であることが明らかとなった。厚生労働省循環器病委託研究により、全国より23地域(人口1,300万人)を抽出して、地域全体の689病院での1ヵ月間(10月)のMIと院外心停止例の登録を実施した。

\*国立循環器病研究センター心臓血管内科部門

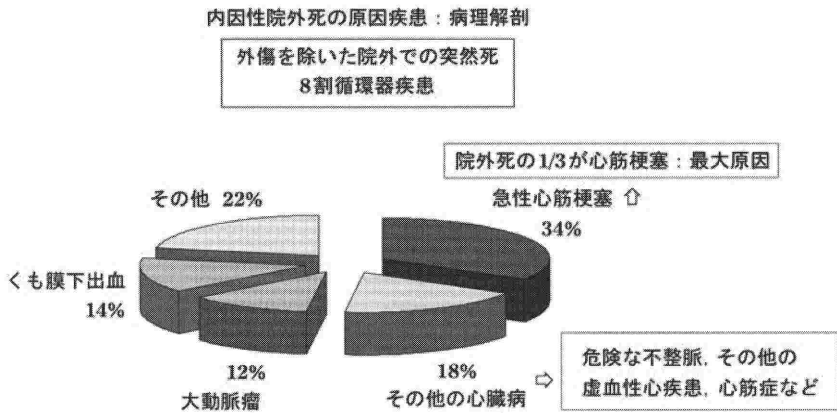


図1 内因性院外心停止の原因疾患<sup>5)</sup>

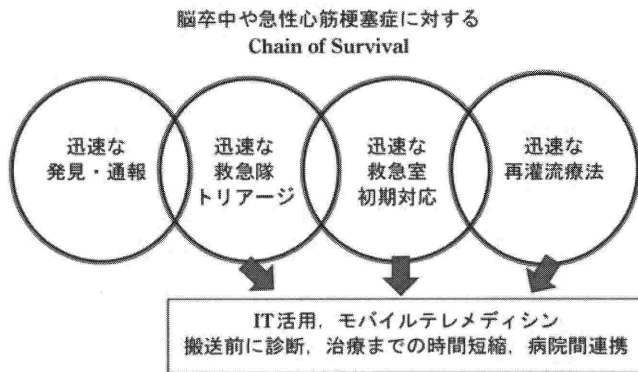


図2 脳卒中や急性心筋梗塞症に対する救命の連鎖

その結果、致命率は21%で、死亡の内訳は院外死52%、院内死48%で院外死が半数以上であった。これは米国からの報告でも同様に院外死が死亡の半数以上を占める<sup>1)</sup>。

循環器救急医療の対策は、病院前の事象にフォーカスを当てる必要がある所以である。AMI発症後から心停止が生じるまで1時間以内が多いが瞬間死は少なく、発症直後に119番通報すれば心停止に陥る前に対応が可能である<sup>5)</sup>。また、発症前に前兆となる狭心痛がある症例が約6割あるため、その時点で早期受診すれば発症前に対応が可能である。早期受診や早期発見が重要であり、AHA/ACC (American College of Cardiology) ガイドライン勧告にあるように、発症から1時間以内に受診し、総虚血時間を2時間以内、すなわち発症から再灌流療法施行までを2時間以内にするのが重要である<sup>6)</sup>。救急隊 (Emergency Medical Service: EMS) 到着から線溶療法開始まで (EMS-to-drug 時

間)30分以内あるいは救急隊からバルーン拡張まで (EMS-to-balloon 時間)90分以内が勧告される。しかし、自験例では発症から直接来院例で平均4時間、また他施設を経ると12時間経過しており、いかに早期来院を促すか課題である。AMI発症から入院までの時間を短縮するには、発症からの各ステップを短縮させる必要がある。最初のステップは患者の迷いの時間であり、市民への啓発やハイリスク例に対する医療従事者から特に実地医家からの指導が重要である。

その後のステップは医療システムを改善することで達成されると考えられ、そこに情報通信技術 (IT) の活用が提案される (図2)。

#### 院外12誘導心電図の活用

AMI発症からの時間短縮には119番通報が必須であり、救急隊は到着後に12誘導心電図を記録し、その情報を事前に専門施設へ通報することが勧告

複数機器の接続/開発：汎用性、標準化、簡便、安全、情報保護、  
柔軟な対応、迅速、アウトカム、コスト

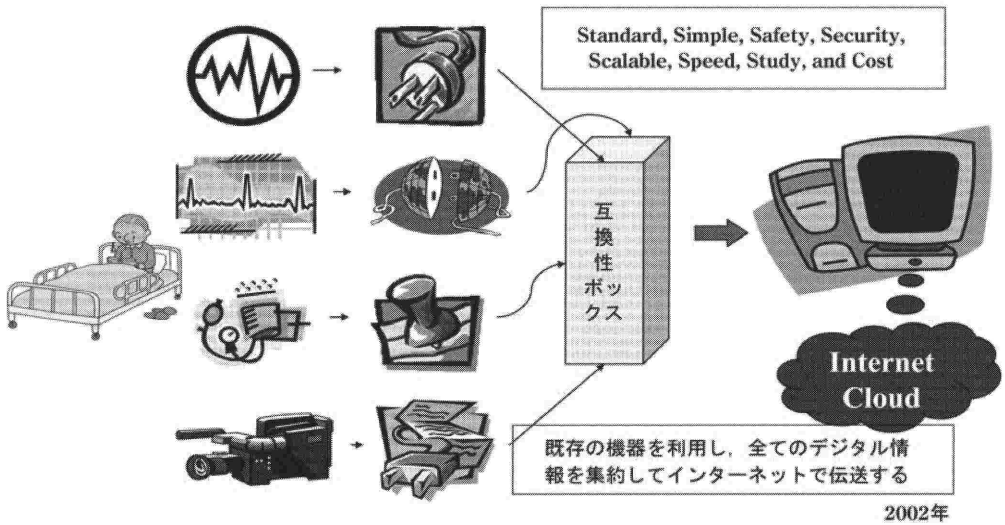


図3 モバイルテレメディシン開発のコンセプト

された<sup>7)</sup>。これにより来院前に ST 上昇型心筋梗塞 (ST elevation myocardial infarction: STEMI) の診断が可能となることで治療の早期準備が可能となり、血栓溶解薬使用開始までの時間 (door-to-drug 時間) が約 10 分、冠動脈カテーテル治療 (Percutaneous coronary intervention: PCI) におけるバルーン拡張までの時間 (door-to-balloon: 時間) が 15 分から 20 分短縮すると報告された。

Fax で 12 誘導を病院へ伝送する方法や救命士による診断を口頭で報告することが現状で行われているが、我が国では移動体通信すなわち携帯電話網が充実し、第 3 世代携帯電話により画像伝送が可能となっているため、12 誘導伝送は容易な環境といえる。今後心電図の自動診断や情報技術を使用した心電図伝送が期待される。

そこで我々はモバイルテレメディシンの開発を計画した<sup>8~23)</sup>。これは、国立循環器病研究センター、産業技術総合研究所、NTT コムウェア株式会社、日本光電株式会社、フクダ電子株式会社、松下電器産業などが参加した産官学連携プロジェクトにより開発され、日本がリードする次世代移動体通信技術をフルに活用し、救急医療の質の向上を目指したものである。移動体通信のモバイルという言葉と、遠隔医療であるテレメディシンを合体してモバイルテレメディシンという言葉が提唱

した。その後、米国遠隔医療学会で発表し<sup>8)</sup>、また共同で議論したチームからテキストも作成され一般的に認知された<sup>24)</sup>。

開発のコンセプトは、複数の機器の接続を標準化・汎用性を目指して可能とする小型サーバーを開発すること、また、標準的なインターネットプロトコールを使用することで、簡便で汎用性のあるシステムでいかなる通信網を利用しても対応可能とすることであった。また同時に、情報の安全性や保護、また低コストとなることも目指した。これは 7 つの S (Standard, Simple, Safety, Security, Scalable, Speed, Study) として提唱された (図 3)<sup>11)</sup>。

具体的な伝送内容は、救急車で搬送中の患者の 12 誘導心電図、血圧、呼吸、脈拍などのバイタルデータや、小型カメラによる患者の映像であり、プロトタイプを作成し実証実験を行った (図 4)。このような大量のデータの伝送を可能にしたのが、NTT コムウェア開発のブロードバンド対応の情報端末制御装置「L-Box」である。これに心電図計などすべての機器を接続でき、第 3 世代携帯電話に対応したモバイルカードを取り付けることで、救急車と病院間での高速モバイル通信が可能となった。L-Box のサイズは高さ 119mm、幅 62mm、奥行 98mm と小型で、操作部分がなく、救急車搭載に適している。今回開発したシステムでは、心電

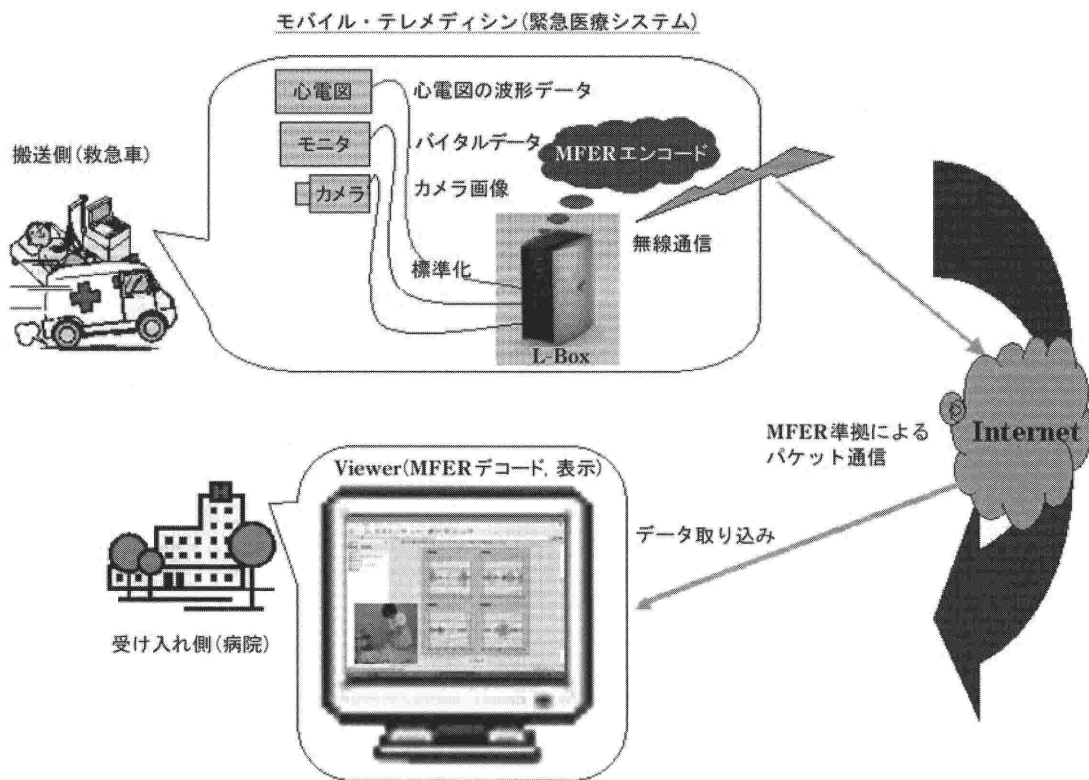


図4 モバイルテレメディシンの概説図

図データ伝送に医用波形データ伝送の標準規格である MFER (Medical Waveform Encoding Rule) を採用し、どのメーカーの心電図計のデータでもデジタル情報としてパソコンモニターで観察することを可能とした。

また、我が国の移動体通信の進歩によるところも大きく、第2世代携帯電話では、1枚の心電図を図として伝送することは可能であった。第3世代となり心電図モニターや12誘導心電図などのデジタル情報をリアルタイムで伝送することが可能となった。また動画情報も MPEG などを用いて伝送可能であるが秒速フレーム数は少ないため、まだスムーズな動画は伝送できないという制限がある。近々導入される予定の第4世代となれば光ファイバーや高速無線 LAN と同様の伝送スピードとなるため、動画はライブのように伝送ができるため、脳卒中の麻痺の判断等が容易になると期待される。

機器の伝送開発後にフィールド実証実験を行った。12誘導心電計は、揺れの影響を少なくするた

めのアルゴリズムを有している機種を選択した(レーダーサーク)。MFER に標準化すればどの機種でも基本的には使用可能とした。モデル地域である吹田市の一般道と高速道路を走行し、走行中の車両から医療情報を伝送し、また心電図の揺れ(体動や車両の振動の影響)の有無を確認し、搬送中の安定性と通信の画像の安定性を確認した。また、インターネット使用時のセキュリティの確保を行った。

救急医療に必要なデータが標準化され、医療情報をリアルタイムに病院側にインターネットを利用して送信することで、データを見ながら発せられる医師の指示のもとでの救急救命士による適切な初期対応や、早期の診断による病院への収容などが可能となった(図5)。

モバイル・テレメディシンの活用により、救急車内から確定診断が可能であり、病院側は搬入前に診療特に再灌流療法の準備ができ治療までの時間を短縮することが可能となった<sup>25,26)</sup>。2008年6月からモデル地区(吹田市消防本部救急車5台と国

モバイルテレメディシン：吹田市消防救急車とNCVCを接続

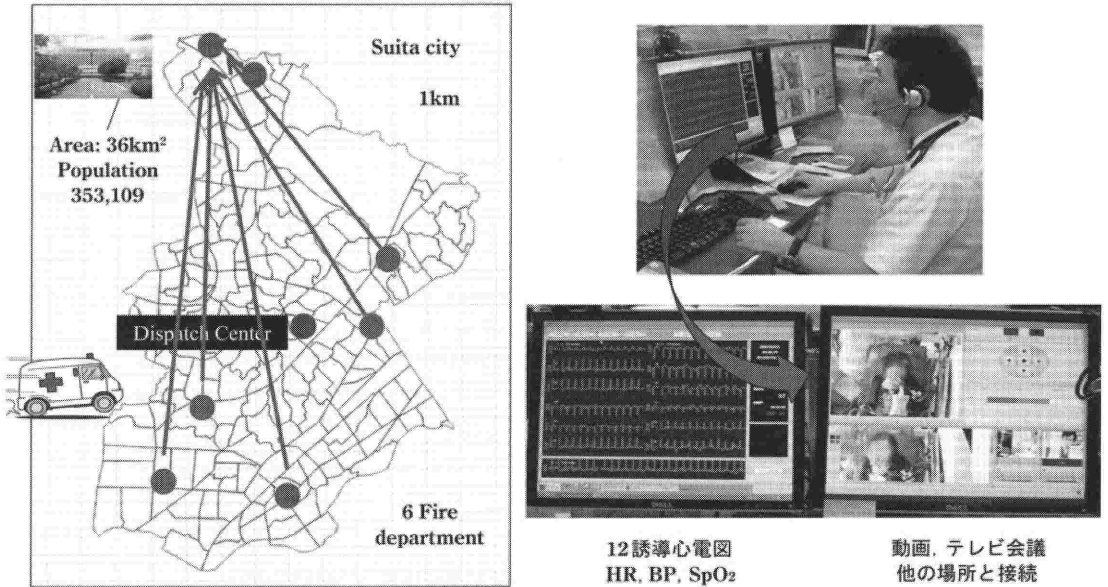
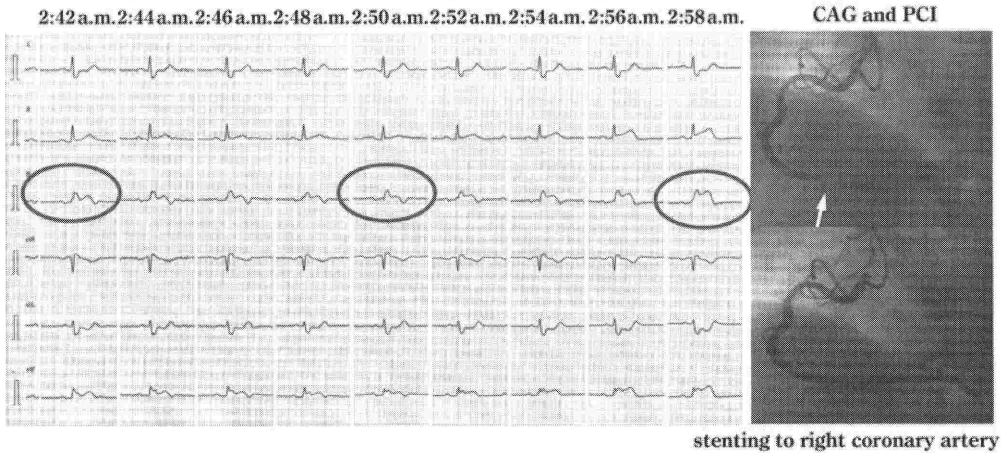


図5 地域消防本部とモバイルテレメディシン設置  
 画像は12誘導心電図やデジタル情報、動画を病院側で受診可能である。  
 また、院内の複数箇所とのテレビ会議が可能である。

症例 モバイルテレメディシンによる救急車からの連続12誘導伝送例：急性心筋梗塞



- 2:25 覚知(安静時胸痛)
- 2:31 現着
- 2:40 収容依頼(直接院内 HOT line に連絡)
- 2:42 心電図・HR・SaO<sub>2</sub>・BP・救急車内画像伝送開始
- 2:42 心電図診断(ST上昇認める)→スタッフ招集
- 2:42 車内状況；意識清明，起座呼吸なし  
 HR 50 bpm, BP 132/72 mmHg  
 SaO<sub>2</sub> 100%(酸素 10L/min マスク)
- 2:46 現地出発(到着まで連続心電図モニター)
- 3:00 病院到着
- 3:03 緊急外来で心電図診断(ST上昇を認める)
- 3:05 家族・本人への説明，心エコーや検査施行
- 3:20 カテ室へ入室
- 3:52 再灌流成功 D2B time 52 min

図6 急性下壁心筋梗塞症例でのモバイルテレメディシン

搬送中の救急車から12誘導が伝送され、事前に治療の準備が行われた。  
 また、急性心筋梗塞症以外にも、重症不整脈の診断が容易となり救急車で事前準備をしながら到着を待つことが可能である。

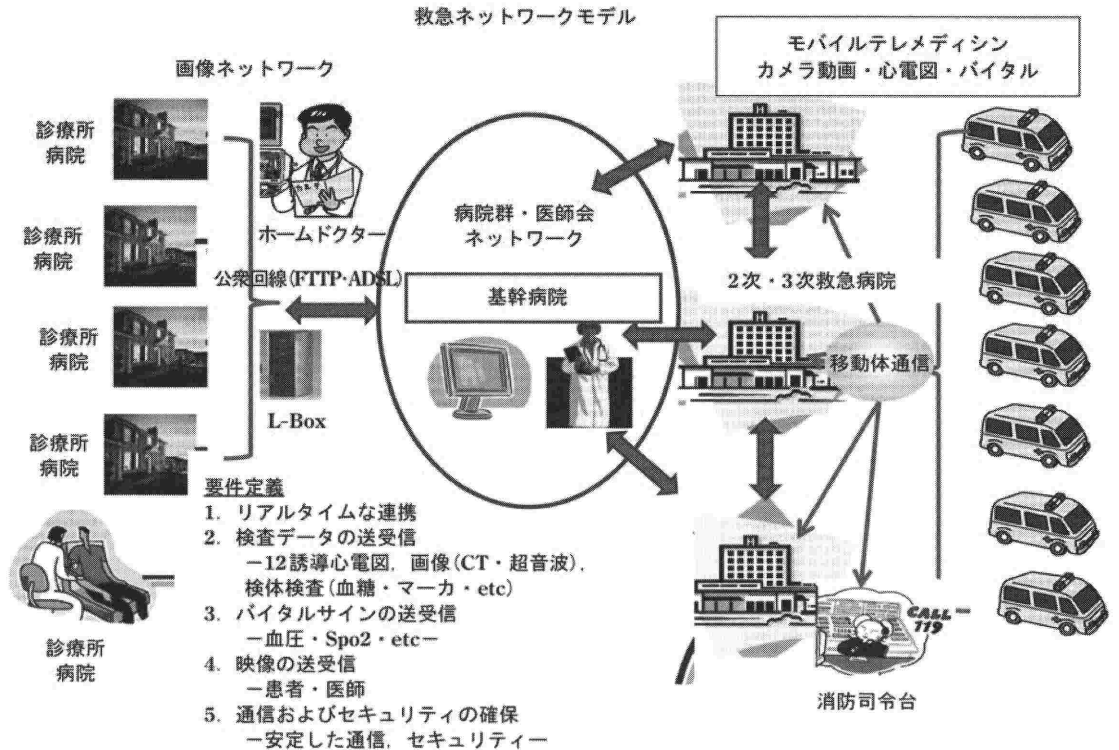


図7 ユビキタスネットワークを利用した地域ネットワーク化

立循環器病研究センター)において活用を開始した。

走行中や動作時の12誘導心電図は安定した波形を示し、リアルタイムに伝送可能であった。現在用いられている消防無線や携帯電話に加えて、標準的インターネット技術による病院からの支援が可能となり、その結果搬送病院の選定が容易となり、病院側は到着前に早期診断や治療に必要なデータを入手可能となり(図6)<sup>25,27)</sup>、早期治療などを通じて、救命率の向上が期待される。更に動画像の送受信により、医師が動画像を見ながら救命士に指示が可能となった。非使用例と比較して、モバイルテレメディシンを使用した例では、病院到着から再灌流療法(カテーテル治療による血流再開)まで約30分の短縮が得られた。

救急医療にITを活用することで、救急車と地域の病院群をリアルタイムで一つの仮想病院空間として活用が可能であり、また画像ネットワークなどで同時に病院や診療所をつなげられれば急性期診療全体をネットワーク化することが可能である(図7)。

今後の展開に期待したい。

## 文 献

- 1) 野々木宏: 虚血性心疾患の発生率と医療対策へのモニタリング方法の確立と国際比較に関する研究: 11公-6平成11年度厚生省循環器病研究委託費による研究報告要旨, 2000: 288-95.
- 2) 野々木宏: 心肺蘇生法の歴史と最近の進歩(その5) CPRと国際ガイドライン. *BIO Clinica* 2009; 24: 1304-7.
- 3) 野々木宏: 心肺蘇生法の歴史と最近の進歩(その2) 18世紀以降の近代的蘇生法. *BIO Clinica* 2009; 24: 938-41.
- 4) Kitamura T, Iwami T, Kawamura T, et al: Nationwide public-access defibrillation in Japan. *N Engl J Med* 2010; 362: 994-1004.
- 5) 東海林哲郎: 成人内因性搬入時心肺停止症例における急性心筋梗塞の頻度とその超急性期突然死例の病態-剖検時冠動脈造影と病理組織学的検討. *日本救急医学雑誌* 1998; 9: 143-57.
- 6) 2005 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2005; 112: IV1-203.
- 7) Ting HH, Krumholz HM, Bradley EH, et al: Implementation and integration of prehospital ECGs into systems of care for acute coronary syndrome: A scientific statement from the American Heart Association Interdisci-

- primary Council on Quality of Care and Outcomes Research, Emergency Cardiovascular Care Committee, Council on Cardiovascular Nursing, and Council on Clinical Cardiology. *Circulation* 2008; 118: 1066-79.
- 8) Kakuchi H, Sase K, Nakano A, et al: Mobile telemedicine for cardiovascular emergency. *American Telemedicine Association* 2003: T5b1.
  - 9) 角地祐幸: モバイルテレメディシンを活用した循環器救急医療システムの構築とその評価に関する研究 循環器病研究振興財団報告書, 2002.
  - 10) 佐瀬一洋, 角地祐幸, 野々木宏: 循環器救急とモバイルテレメディシン. *新医療* 2004; 11: 81-4.
  - 11) 佐瀬一洋, 角地祐幸, 野々木宏ら: 循環器救急におけるモバイルテレメディシン—北摂ハート&ブレイン・ウオッチ構想の実現に向けて. *循環器病研究の進歩* 2003; 24: 19-27.
  - 12) 野々木宏, 角地祐幸, 中野 敦ら: 循環器救急におけるオンラインメディカルコントロールの可能性 モバイルテレメディシンによる積極的支援システム. *日本救急医学会雑誌* 2003; 14: 547.
  - 13) Nonogi H, Yokoyama H, Otsuka Y, et al: Usefulness of mobile telemedicine system in real-time transmission of out-of-hospital 12-lead ECG. *Circulation* 2008; 118: S\_1484-b-.
  - 14) 横山広行, 川村 淳, 片岡 有ら: 生体情報のリアルタイム伝送システム(モバイル・テレメディシン)を用いた患者搬送の有用性について. *Circulation Journal* 2007; 71: 1001.
  - 15) 横山広行, 野々木宏: プレホスピタル救急医療・災害医療へのモバイルテレメディシンの活用 プレホスピタル救急医療におけるモバイルテレメディシン・システムの効果. *日本集中治療医学会雑誌*; 17: 207.
  - 16) 佐瀬一洋, 角地祐幸, 野々木宏: 【心原性心停止への挑戦 救急医療最前線】 治す 救急システムの改善 IT の利用 モバイル・テレメディシンの開発と心原性心停止への対応. *Heart View* 2005; 9: 1424-30.
  - 17) 佐瀬一洋, 角地祐幸, 野々木宏. 【救急医療への IT 活用】 循環器救急とモバイルテレメディシン. *新医療* 2004; 31: 81-4.
  - 18) 中野 敦, 角地祐幸, 佐瀬一洋ら: 循環器救急におけるオンラインメディカルコントロール体制の確立とモバイルテレメディシン. *遠隔医療研究会* 2003; 7: 1-2.
  - 19) 野々木宏: 地域医療に貢献するモバイルテレメディシンシステムを開発～実用化へ. *Telecom Forum* 2003; 8: 32-34.
  - 20) 野々木宏: 救急車から心電図や血圧, 呼吸, 脈拍などのデータをリアルタイムで病院へ伝えるシステムを開発: 循環器救急に関するモバイルテレメディシン研究会. *救急医療ジャーナル* 2003; 6: 68-9.
  - 21) 野々木宏: モバイルテレメディシンを用いたメディカルコントロール体制の基礎づくりに対する調査研究 救急振興財団報告書, 2003.
  - 22) 野々木宏: 循環器救急医療における救命率の向上を目指したモバイルテレメディシンシステム: 開発報告書: 循環器病委託研究委託事業 14 公-7 心原性院外心停止の実態とその対策に関する研究班, 2004: 1-131.
  - 23) 野々木宏, 佐瀬一洋, 角地祐幸: 走りはじめたモバイルテレメディシンシステム. *医療と IT* 2003: 17-20.
  - 24) Xiao Y, Chen H: *Mobile Telemedicine: A computing and networking perspective*. NY: Auerbach Publications, 2008.
  - 25) Otsuka Y, Yokoyama H, Nonogi H: Novel mobile telemedicine system for real-time transmission of out-of-hospital ECG data for ST-elevation myocardial infarction. *Catheter Cardiovasc Interv* 2009; 74: 867-72.
  - 26) 屋宜宣仁, 横山広行, 大江由紀子ら: モバイルテレメディシンシステムの臨床的有用性の検討. *日本心臓病学会誌* 2009; 4: 448.
  - 27) Yagi N, Otsuka Y, Oe Y, et al: Initial experience of the novel mobile telemedicine system in real-time transmission of pre-hospital 12-lead ECG for cardiac emergency. *Circulation* 2009; abstract