

在宅心臓健康ICTシステムのAI要素技術の研究開発

黄銘¹, 今西 勁峰² ¹奈良先端科学技術大学院大学 ²イーグロース(株)

1. 研究背景

社会的な現状：

- 人口の都市集中による地方の過疎化、独居高齢者の増加などに伴い、医療・介護制度やシステムの再構築が急務の課題となっている。
- 循環器疾患である心疾患はガンに次いで日本における死因の2位を占め、高齢社会を迎えた現在において、患者数の増加が国民の健康寿命の低下や医療介護費を膨らませており、日本国の深刻な課題となってきている。
- 循環器疾患の発症には急性期、回復期を経て半数近くは自宅療養、リハビリを行っている。しかし、循環器疾患は再発率が高い疾患であり再発すると重篤に至るケースが多い。

対応の方針：

- 厚生労働省データヘルス改革で目指す8つのサービスの中に、「個人、医療、介護の現場でのデータの活用」を定め、科学的に必要なデータを新たに収集するデータベースを構築、分析し、科学的に効果が裏づけられたサービスの創出を推奨している。
- リアクティブ(受動型)ではなく、プロアクティブ(予防型)の面から個人の健康を状態を維持することでコストを抑制する。

2. 研究開発の目的

本在宅心臓健康ICTシステムは、心疾患の患者、並びに罹患する可能性が高い人々を対象をにし、睡眠中に使用者がほとんど意識することなく睡眠中の心臓の電気信号、睡眠状況の物理信号を自動的に収集するシステムを構築し、医学的に効果が裏つけられたICTサービスを実現し、心臓の健康促進を図るためのサービスの提供を目指す。

3. 研究開発の内容及び成果

3-1 マルチモダルの睡眠システムの構築

- 睡眠時の心電信号を非接触的に計測できる容量性結合に基づく心電計測法 (cECG) は、被験者に電極を装着せずに測ることができることから、睡眠時に測定ができ、被験者になんら制約がない。一方で、cECGの信号は体動などの影響を受けやすい (図3左)。
- この問題を解決するため、心弾図(BSG)という心臓が動脈血を大動脈へ押し出す時に発生する体の微細振動の信号を同時に測定し、マルチモダルのセンシングを行うことで、高精度で危険性が高い不整脈の実時間内で検出するセンシングモジュールを構築した。

3-2 心臓異常検出のための信号処理手法の研究開発

(ア) cECG及びBCG信号について、前処理手法の構築

- 畳み込みニューラルネットワーク (CNN) の手法で、信号の質を判断するモデルを構築した。このモデルは、cECG信号を直接CNNの入力とし、(1)ノイズと判断される信号、(2)ノイズが混入した信号ならびに(3)明瞭なECG信号の3つのカテゴリーに高精度で分類できた (0.99の適合率,0.99の再現率を達成した)。
- BCGの信号を元に、秒ずつの信号を切り出して、VAEというニューラルネットワークに基づく変分推定方法 (図2) を用いて、生体状態 (安静睡眠、体の動き、および睡眠姿勢変更) を判断するモデルを開発した (図3右)。

(イ) cECGの信号に基づいた不整脈の判断アルゴリズムの開発

- cECGの信号は、自動的に質を判断された後に、正常なECG信号に対して、不整脈の判断ために、デプラーニングのマルチクラス分類モデルを構築した。明瞭な信号、心房細動、リスクが高い心室不整脈 (心室頻拍及び心室細動) を高精度で認識できた (リスクが高い心室不整脈：0.97の適合率,0.96の再現率、心房細動：0.99の適合率,0.99の再現率)

(イ) 蓄積したcECG信号を活用した心疾患のリスク推定法の確立

- 心拍時系列を対象として、信号の複雑度から特徴を抽出し、アンサンブル学習モデルを用いて、こういうリスクが高い心室不整脈の発症直前の信号を特定し、検出モデルを作った。このモデルを用いて、約2分間の前に、リスクが高い心室性不整脈の発症を予測できた (0.99の適合率,0.89の再現率)。また、心房細動及び心室期外収縮は、高い精度で検出はできた (0.99の適合率,0.99の再現率)。

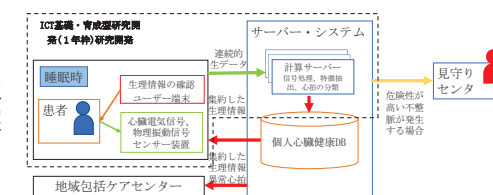


図1.本研究開発の位置づけ

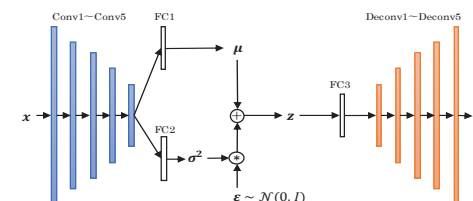


図2.実験で用いたVAEのネットワーク構造

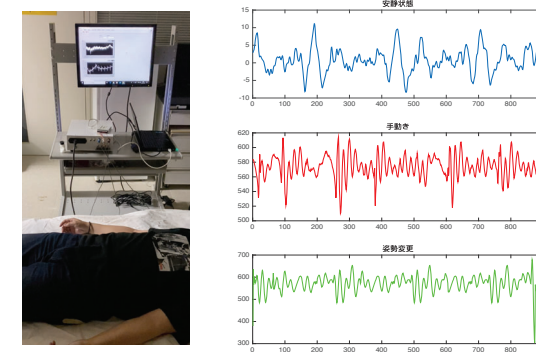


図3. 実測の風景 (左) および実測のBCG信号の分類結果 (右)