

私の研究

医療工学 ～次世代ヘルスケアシステムの開発～



酒谷 薫 (さかたに かおる)

日本大学工学部電気電子工学学科 教授
次世代工学技術研究センター長

1. はじめに

高齢化社会の進展に伴い、認知症など老人特有の精神神経疾患が急速に増加している。厚労省やWHOの統計によると、認知症患者数は2005年には我が国で200万人、全世界で2,440万人であったが、2030年にはそれぞれ330万人と4,400万人にまで増加すると推測されている。また社会的ストレスの増加に伴い、うつ病も増加の一途をたどっている。特に老人性うつ病は自殺率が高く、認知症と並び高齢者医療の大きなテーマとなっており、女性では60歳代、70歳代が深刻な状況にある。しかし一方で、保険財政の困窮などから医療費の節約が望まれており、高齢者の脳とこころの健康を維持・増進し、脳疾患を予防する方法を確立することは極めて重要な課題である。

そこで、私の研究室では、これらの課題を解決するために、脳と心の健康増進により病気を予防することを目的とした次世代ヘルスケアシステムを研究開発してきたので紹介する。

2. 光による脳機能の可視化

高齢者の脳と心の健康状態を評価する上で、脳機能、特に認知機能を定量的に計測することは重要である。例えば、放射線同位元素を用いるPET (Positron Emission Tomography) は脳機能を正

確に計測できるが、大規模な設備を要し、また計測に要する費用も高額である。MRIも高額機器であり、また大規模設備を要するため一般に使用することは困難である。一方、光トポグラフィーなどの光学的脳機能計測法(NIRS)は、PETやMRIと比較すると装置が小型で価格も安く、また非侵襲的なため、近年、急速に脳機能研究に使用されるようになった^[1]。我々は、資生堂と共同でNIRSを用いた脳ストレスの客観的評価法を開発した(図1)。ストレス課題(暗算)を与えたときの前頭葉の活動パターンからストレス度を客観的に評価するものである。すなわち、右優位の反応を示す例ではストレス反応が強く現れストレス耐性が低い、左優位ではストレス反応が弱く、逆にストレスに耐性があるのである^[2-4]。

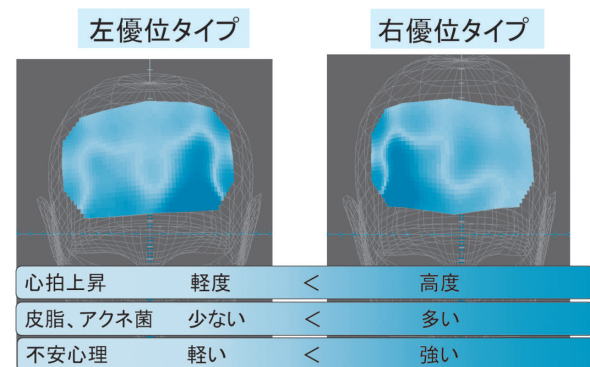


図1 光トポグラフィーによる脳ストレスの評価法



(HOT121B；日立)



(PNIRS HM；浜松ホトニクス)

図2 小型ウェアラブル NIRS

しかし、光トポグラフィーなどのマルチチャンネル式 NIRS は、多くの測定プローブの頭部への装着に時間がかかり被験者への負担も少ない。特に、認知機能の低下した高齢者には適していない。また光トポグラフィーは、主に医療施設や研究室での使用を前提にして設計されており、高齢者施設や在宅医療現場における計測には向いていない。そこで小型のウェアラブル NIRS が開発された (図2)。

ウェアラブル NIRS は2チャンネルであるが、ストレス評価だけでなく高齢者の認知機能の定量的評価も可能である (図3)。運動前後に認知機能課題に対する前頭葉の反応を NIRS で計測すると、認知機能の向上に伴い前頭葉活動が増加することが明らかになった^[5]。

3. 睡眠センサーの開発

高齢者の睡眠時には、不整脈などの心疾患や睡眠時無呼吸症候群をはじめ様々な重症度の症状が発生する可能性がある。しかしながら、高齢者施設や一般住宅では、それらの変化をリアルタイム

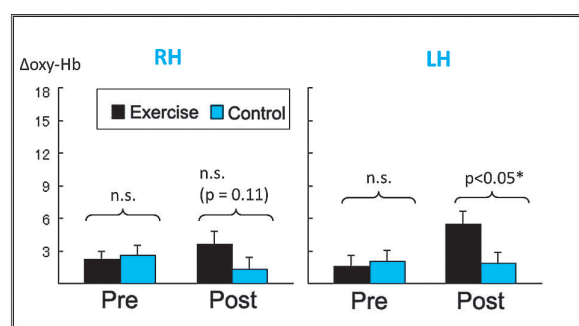


図3 運動による前頭前野の活動変化

に計測することは困難である。そこで、複数 (12個) の圧電センサーを用いて、睡眠時の体の振動から心拍数、呼吸数、体動、離床を遠隔でモニターできる装置を開発した (図4)。

図5は睡眠時無呼吸症候群の計測例である。上段が心拍数、下段が呼吸数の波形となっている。下段枠内が無呼吸発生時の呼吸状態を示しており、上段枠内は無呼吸発生時の心拍である。無呼吸の発生に伴い心拍数も低下しており、心循環器系にも負荷がかかっていることが推察される。なお、本睡眠モニターは(株)NJIより市販予定である。



図4 睡眠モニターの外観。マットレスの下に敷いて使用 (黒いテープはサイズ比較用：30cm)。

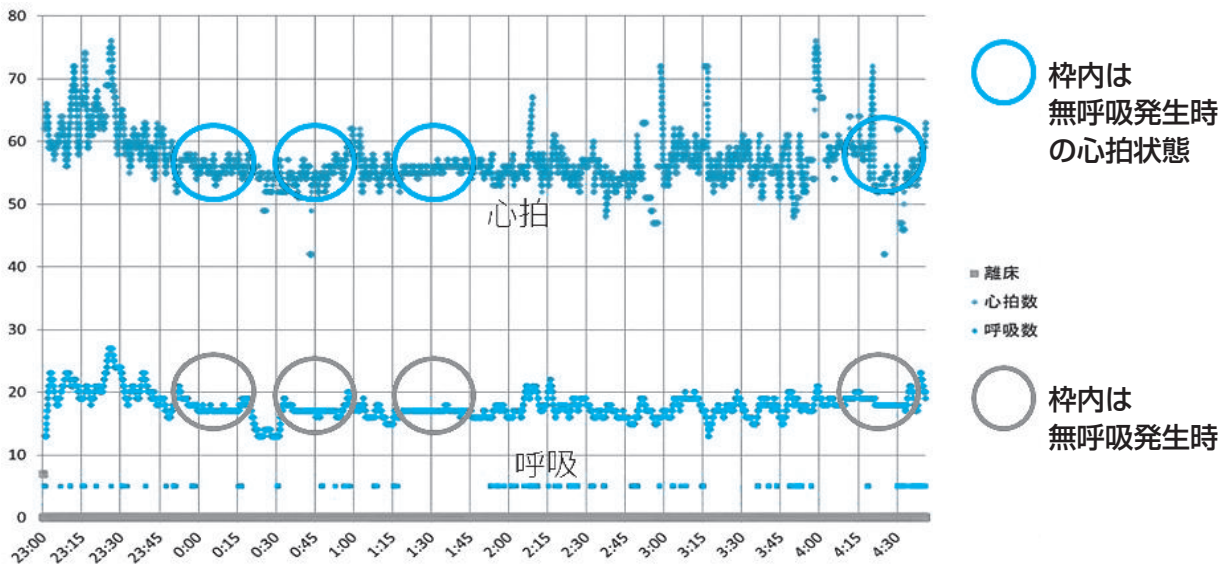


図5 睡眠モニターによる睡眠時無呼吸症候群の計測例

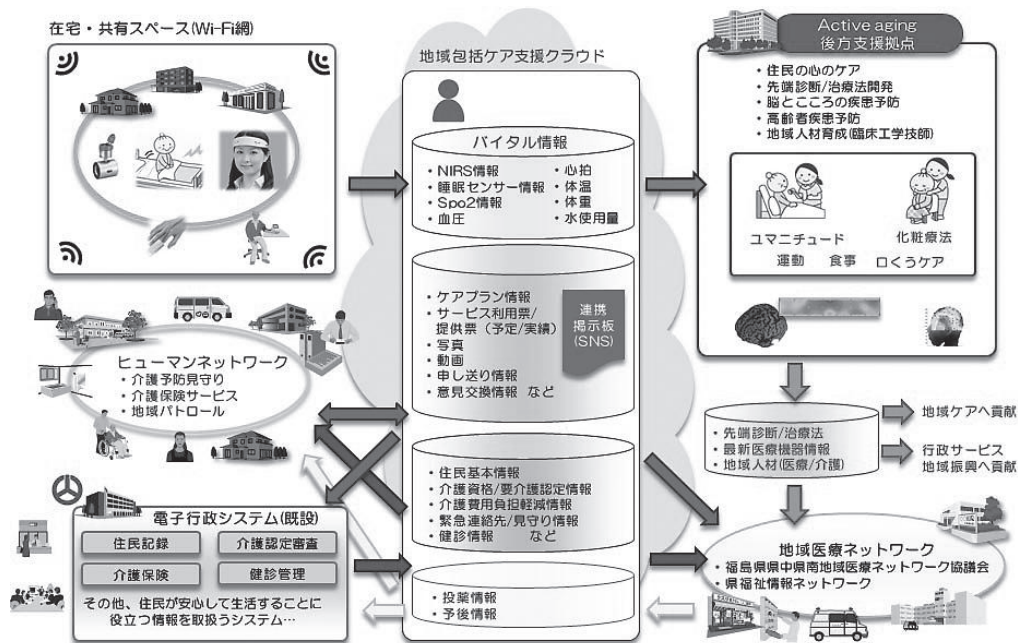


図6 ICTヘルスケアシステムの概念図

4. ICTヘルスケアシステムの開発

現在、ICT技術を活用し、上述のNIRSによる脳機能計測データや睡眠モニターで計測された心拍、呼吸などの生理学的情報を遠隔で管理、蓄積し、各個人のPersonal Life Record (PLR)を作成するシステムを開発している。PLRを作成することにより健康状態の悪化をいち早く検出することが可能となり、さらに医療施設とPLR情報を共有することにより効率的な診断治療を行うこ

とが期待される。図6はICTヘルスケアシステムの概念図である。

5. 未病治療の研究

疾患を予防するためには病気になる前段階（未病）で治療を始める必要がある。しかしながら、予防を目的とした薬物治療は保険診療の対象外なので非薬物療法（いわゆるセラピー）が重要な手段となる。我々は、化粧療法などのストレスや認

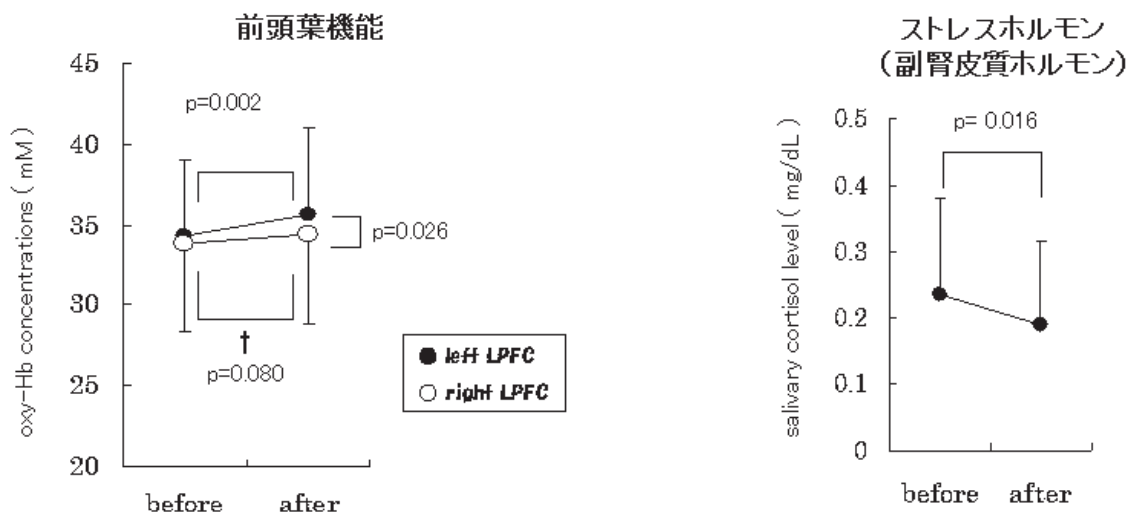


図7 化粧療法の前頭葉機能とストレス反応に対する効果

知機能障害に対するセラピー効果を脳科学的に実証する研究を行ってきた^[6]。図7は化粧療法前後の前頭葉活動（NIRS計測）と副腎皮質ホルモン量（唾液）の変化を示している。化粧療法により前頭葉機能が向上し、ストレスが軽減していることが分かる。

6. まとめ

少子高齢化の次に控えている問題は人口の急激な減少に伴う公的保険財源のさらなる困窮である。私どもは、この問題を解決するひとつの方法として、ICTによるPLRや予防的セラピーを活用した次世代ヘルスケアシステムを研究開発している。なお、2015年1月より郡山市と共同で本システムの実証実験を郡山市内で開始している。

<参考文献>

1. 酒谷 薫 監修「NIRS：基礎と臨床」（2012年，新興医学出版）
2. 酒谷 薫：ストレス反応とリラクゼーション効果における前頭前野の役割．自律神経45(3)，128-133，2008．
3. Sakatani K. Optical diagnosis of mental stress: review. *Adv Exp Med Biol.* 737 : 89-95, 2012.
4. Tanida M, et al.: Relation between mental stress-induced prefrontal cortex activity and

- skin conditions: a near infrared spectroscopy study. *Brain Research* 1184 : 210-216, 2007.
5. Tsujii T, et al.: Acute effects of physical exercise on prefrontal cortex activity in older adults: a functional near-infrared spectroscopy study. *Adv Exp Med Biol.* 765 : 293-298, 2013.
6. Machida A, et al.: Effects of Cosmetic Therapy on Cognitive Function in Elderly Women Evaluated by Time-Resolved Spectroscopy Study. *Adv Exp Med Biol.* 876 : 289-295, 2016.

<プロフィール>

医学博士（大阪医科大学、昭和62年）、工学博士（北海道大学、平成10年）、脳神経外科専門医

昭和56年 大阪医科大学医学部卒業、脳神経外科入局及び大学院入学、昭和62年 同大学院修了、New York 大学医学部脳神経外科・博士課程研究員、平成元年 同・助教授、平成2年 Yale 大学医学部神経内科・客員助教授（兼任）、平成15年 日本大学医学部脳神経外科学系・光量子脳工学分野教授、平成24年より工学部電気電子工学科教授、医学部脳神経外科兼任教授