7　舌診所見の定量化のためのセンサーシステム開発	川鍋　伊晃

【目的】漢方医学の診察において舌診は重要な要素であるが、舌の色と形などの性状は主に肉眼で判断されており主観の影響が大きく、また、判断の基準となるようなツールもなかったため、科学的な議論や研究を行う上で課題があった。舌診に関する情報を信頼性のある形で客観化できれば、1800 年以上の歴史を持つ伝統医学の経験知・暗黙知の形式知化が可能となり、臨床エビデンスの構築のみならずセルフヘルスケアや予防医学への応用も期待できる。ストレスやうつ、超高齢化社会などが社会的に問題となる中で、西洋医学とは異なる新たな評価軸により健康度が確認できることは、病気になる前の「未病」の段階でのアプローチなどに繋がるなど、社会的にも有益であると考えられる。そこで、舌診情報の定量化を可能とし、健康サポートに寄与するシステムの構築を目指す。

【方法】舌の色や形に関する情報をデジタル舌画像とともに集積し、それらの定量化に必要な要素について、現在までの研究を基にさらなる検討を加える。また、開発中のセンサーシステムプロトタイプをベースに、ハードウェアならびにソフトウェアの改良を行う。その上で、実証実験による検証や研究成果の論文投稿、研究内容の紹介なども行う。

1. ハードウェア

開発中のプロトタイプをベースに、光源環境を維持したまま、排気機構の造設および表面の抗菌加工などの改良を行う。実証実験用に 2 台複製し、ノートパソコン以外にタブレット端末を用いたユーザビリティの検証も行う。舌色校正用の専用カラーチャートに関して、色再現性の向上のため印刷媒体を変更など、精度向上に向けた検証を進める。

2. ソフトウェア

開発中の舌画像解析アルゴリズムの課題克服に向けた作業を進める。具体的には、舌領域を抽出するクリッピングと舌体部の裂溝（皺裂）や舌辺縁部の凹凸（歯痕）の検出アルゴリズムの改良を進め、ハードウェアに実装する。また、スマートフォンやクラウド連携についても検討を進める。

3. 実証実験

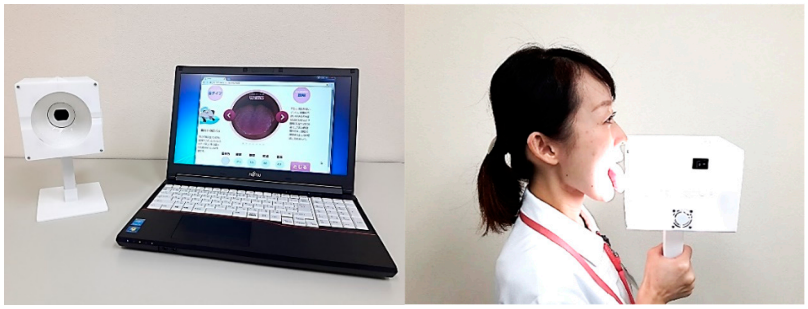
上記システムの改良を経た後、新たなヘルスケアシステムの構築・社会実装を目標に実証実験の場を設け、一般の方に対する認知拡大を図ると共にユーザビリティの検証を行う。

4. 論文投稿

現在まで集積した臨床データに関して、舌色と臨床情報との相関を検討した結果を論文として国際誌へ投稿する。また、本研究活動に関する内容を広く発信するため研究内容の紹介に努める。

【結果】上記ハードウェアおよびソフトウェアの改良の結果、下図に示すセンサーシステムプロトタイプを完成させた。ハードウェアの構造改良により光源環境性能を維持しつつ衛生面が改善され、また、ソフトウェアの改良により従来の課題であった複数の画像処理エラーを大幅に改良できた。実証実験では 500 名以上の一般人にプロトタイプを体験いただき、長時間かつ複数回の連続撮影などの実用に耐えうることが確認でき、ユーザビリティの検証から改良すべき課題も見出せ、広く認知を図ることができた。また、本研究の成果をまとめた論文が国際誌にアクセプトされ、活動内容についても科学紹介雑誌に記事が掲載された。

舌診センサーシステムプロトタイプ



7. 舌診所見の定量化のためのセンサーシステム開発

川鍋　伊晃

北里大学 東洋医学総合研究所 漢方診療部

Key words：舌診，定量化，人工知能，漢方医学，統合医療

緒　言

漢方医学の視診において舌診は重要な要素であり、個々の体質判断や最適な処方選択、治療効果の判定などに際し非常に有用な指標となる。しかし、舌の色と形などの情報は主に肉眼で判断されており、臨床家の色識別能力の差や視環境の変化に伴い結果にバラつきがあり、所見判断の基準となりうる指標を明確に設けることも容易ではなかったため、科学的な議論や研究を行う上で課題があった。本領域においては、既に中国や韓国など伝統医学が盛んな国々を中心に数十年にわたる研究開発の歴史があるものの、様々な技術的課題から実用性の高い医療機器開発や個人向けサービス展開などの実現に至っているとは言えない現状がある。そこで、信頼性のある形で舌診の情報を客観化できれば、1800 年以上の歴史を持つ伝統医学の経験知・暗黙知の形式知化が可能となり、臨床エビデンスの構築やセルフヘルスケアへの応用も期待できる。日本が超高齢化社会を迎える中で、西洋医学とは異なる軸で定量的に健康を評価できるようになることは、特に病気になる前の「未病」の段階でのアプローチなどに繋がり、社会的にも有益であると考えられる。

方　法

臨床上重要な舌診に関する情報を正確かつ高い再現性を保ち定量化できる舌撮影解析システムの開発を行う。具体的には、臨床経験豊富な医師の診断に基づく舌の色や形に関する情報をデジタル舌画像とともに集積し、それらの定量化のための要件について、過去の研究［1〜3］を基にさらなる検討を加え、現在まで開発を進めてきたセンサーシステムプロトタイプをベースに、ハードウェアならびにソフトウェアの改良を行う。これらの成果をもとに、実証実験や論文投稿についても検討を進める。

1.　ハードウェア

昨年度まで開発を進めてきたプロトタイプをベースに、携行可能で均一かつ安定した光源環境を維持したまま、排気機構の造設および表面の抗菌加工などの改良を行い、その上で実証実験用に 2 台複製する。また、操作本機について、ノートパソコン以外にタブレットを使用した検証作業を進める。舌色に特化した色校正精度の向上を目的として開発中の専用カラーチャートについて、色再現性の向上のための手法を検討する。

2.　ソフトウェア

撮影された舌デジタル画像から、臨床上重要な舌の色や形といった性状の情報を自動抽出する、人工知能学習を用いた画像解析アルゴリズムについて、従来の課題の克服に向けた作業を進める。具体的には、舌領域を抽出するクリッピングの精度向上ならびに舌体部の裂溝（皺裂）や舌辺縁部の凹凸（歯痕）など形状変化の検出精度改善に向けた課題を明らかにし、アルゴリズムの改良を進めた上で、上記ハードウェアに実装する。また、スマートフォンやクラウドとの連携機能についても実装に向けた検討を進める。

3.　実証実験

上記システムの改良を踏まえ、新たなヘルスケアシステムの構築および社会実装を目標に実証実験の場を設け、一般人に対するヘルスケアツールとしての認知拡大を図ると共にユーザビリティの検証を行う。

4. 論文投稿

現在まで集積した臨床データに関して、舌色と臨床情報との相関を検討した結果を論文としてまとめて投稿する。また、本研究活動に関する内容を広く発信する。

結果および考察

1. ハードウェア

小型半積分構造により照射精度（照射ムラ 2%以内）を維持しつつ改良を行った（図 2）。また、特殊コーティングによる抗菌加工を外装部全面に施し、排気ファン増設による衛生面の改良も合わせて進めた（図 3）。また、タブレット端末を用いた動作検証ならびにユーザビリティの検証作業を進めた（図 4）。舌専用カラーチャートに関しては、印刷媒体の変更により色再現性を向上させ（舌色領域の色差平均 ΔE5%以内）、ハードウェアに合わせて小型化を図った（図 5）。

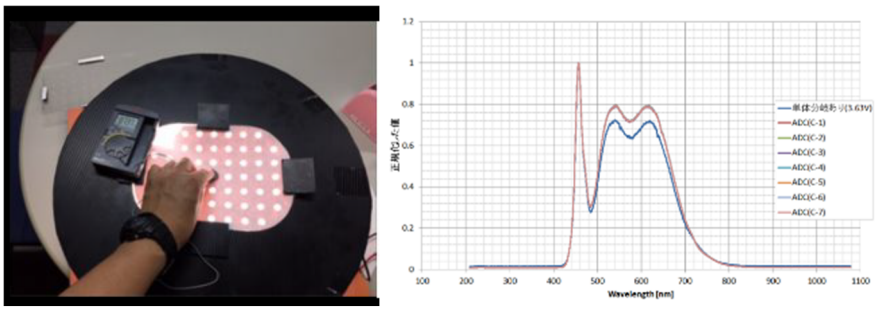


図 2. 照射精度実験



図 3. 外装コーティングと排気口増設



図 4. タブレット端末動作検証



図 5. 舌用カラーチャート

2. ソフトウェア

難題であった撮影画像から舌領域を抽出するクリッピングのさらなる精度向上に向け、機械学習の組み合わせの変更により新たな手法を開発し、画像処理精度を大幅に向上させることができた。また、皺裂や歯痕などの検出精度改善についても、機械学習の追加による改良型アルゴリズムを開発し、一定程度の感度向上を達成できた。結果として、臨床判断との乖離を減らすことができるようになり、上記ハードウェアへも実装できた。尚、スマートフォンやクラウドとの連携機能については、上記アルゴリズムの改良に時間を要したことから検討に留まったが、今後の実装を目指す。

3. 実証実験

平成 30 年 8 月 25、26 日の 2 日間にわたり、大手ドラッグストア主催のフェスタ（仙台市内）に出展し、初の実証実験を行った（図 6）。約 500 名の一般の方に開発中のセンサープロトタイプを実際に体験いただき、動作検証を行うとともに、ユーザビリティの改善を目的としたアンケートを行った。その結果、画像処理エラーがいくつか明らかとなり、それらの克服に向けてエンジニアと検証作業を進めた。また、アンケート結果からより挺舌がしやすい構造改良ならびに一段の小型化が必要であることもわかったが、概ね利用者の反応は好評であった。ヘルスケアシステムとして普及を図るべく、今後も広く認知してもらえる場を積極的に設ける必要があると考えられた。



図 6. 実証実験の様子

4. 論文投稿

過去の臨床データの解析から、健康予測に有用な指標（BMI、Hb 値）と舌体色の赤・青味成分との間に相関を見出すことができた（図 7）。ただ、いずれも相関係数は 0.2～0.3 程度と低く、各指標の値を舌色から直接予測することは残念ながら困難であることもわかった。しかし、各指標の変動を舌色から予測することでヘルスケアに応用できる可能性が示唆され、結果を論文としてまとめ、Advances in Integrative Medicine 誌に 2019 年アクセプトされた［4］。また、5 年以上にわたる本研究の成果を広く海外へも発信すべく、Science Impact 誌において活動内容を紹介し、2018 年に出版された［5］。

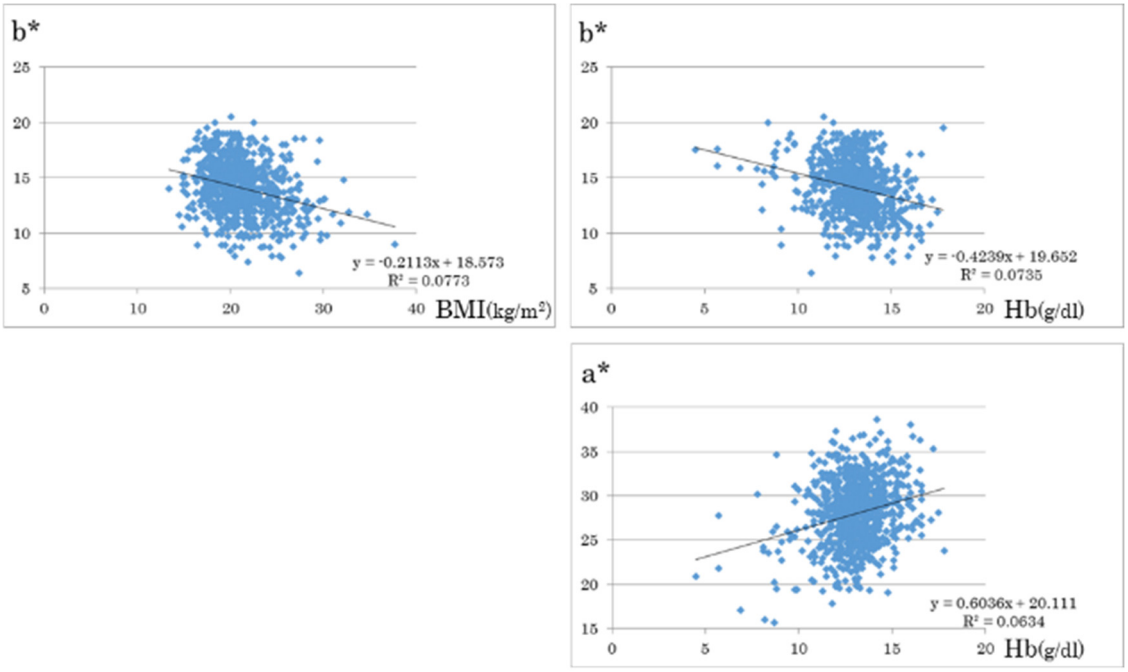


図 7. 舌体色の赤味成分（a*）・青味成分（b*）と BMI・Hb 値の散布図
P < 0.01、単相関分析。

共同研究者

本研究の共同研究者は、Fujitsu Laboratories Ltd.の Xiaoyu Mi 氏、National Defence University Malaysia の Nur Diyana Kamarudin 氏である。

文　献

1) Tadaaki Kawanabe, Nur Diyana Kamarudin, Chia Yee Ooi, Fuminori Kobayashi, Xiaoyu Mi, Mariko Sekine, Akino Wakasugi, Hiroshi Odaguchi, Toshihiko Hanawa, Quantification of tongue colour using machine learning in Kampo medicine, European Journal of Integrative Medicine, 8(6); 932-941, 2016, DOI: 10.1016/j.eujim.2016.04.002

2) Nur Diyana Kamarudin, Chia Yee Ooi, Tadaaki Kawanabe, Xiaoyu Mi, Hiroshi Odaguchi, Toshihiko Hanawa, Fuminori Kobayashi, A fast and effective segmentation algorithm with automatic removal of ineffective features on tongue images, Jurnal Teknologi, 78(8); 153-163, 2016, DOI: 10.11113/jt.v78.7129

3) Nur Diyana Kamarudin, Chia Yee Ooi, Tadaaki Kawanabe, Hiroshi Odaguchi, Fuminori Kobayashi, A fast SVM-based tongue's colour classification aided by k-means clustering identifiers and colour attributes as computer-assisted tool for tongue diagnosis, Journal of Healthcare Engineering, Volume 2017 (2017), Article ID 7460168, 13 pages, DOI: 10.1155/2017/7460168

4) Tadaaki Kawanabe, Mieko Tanigawa, Sachiko Kakizaki, Nur Diyana Kamarudin, Xiaoyu Mi, Hiroshi Odaguchi, Toshihiko Hanawa, Correlation between Tongue Body Colour, as Quantified by Machine Learning, and Clinical Indices, Advances in integrative medicine 2019 DOI: 10.1016/j.aimed.2019.01.005

5) Tadaaki Kawanabe, Comparing tongue image data with clinical information to find the correlation of clinical indices between Kampo medicine and modern medicine, Science Impact, Volume 2018, Number 12(3), 55-57, DOI: 10.21820/23987073.2018.12.55