

## 博士学位審査 論文審査報告書（課程内）

大学名 早稲田大学  
 研究科名 大学院人間科学研究科  
 申請者氏名 多胡 輝一  
 学位の種類 博士（人間科学）  
 論文題目（和文） 複合的アプローチによるヘルスデータ分析  
 論文題目（英文） Health data analysis with integrated approaches

## 公開審査会

実施年月日・時間 2020年12月4日・13:30-14:30  
 実施場所 ZOOMによるオンライン

## 論文審査委員

	所属・職位	氏名	学位（分野）	学位取得大学	専門分野
主査	早稲田大学・教授	金 群	博士（工学）	日本大学	情報システム学
副査	早稲田大学・教授	西村 昭治	博士（人間科学）	大阪大学	情報科学
副査	早稲田大学・教授	扇原 淳	博士（医学）	順天堂大学	社会医学

論文審査委員会は、多胡輝一氏による博士学位論文「複合的アプローチによるヘルスデータ分析」について公開審査会を開催し、以下の結論を得たので報告する。

公開審査会では、まず申請者から博士学位論文について30分間の発表があった。

## 1 公開審査会における質疑応答の概要

申請者の発表に引き続き、以下の質疑応答があった。

- 1.1 質問：歩数や血圧、睡眠スコアなどウェアラブルデバイスから得られたデータはどのように計算されて出てくるのか、また、出てくる指標の信頼性について検証しているのか。

回答：メーカーから計算方法は示されていないため、正確にはわからないが、心拍数等のセンサーから算出されていると考えられる。信頼性については、メーカーにおいて精度検証は行われているであろうこと、他の関連研究でも大きな問題とはなっていないことを考えると、今回の実験でも完璧ではなく誤差を含むデータであるにせよ、大きく知見が異なることはないと思っている。

- 1.2 質問：疲労度に関する構造方程式のモデルが示されているが、今回使用したモデルの他に試したものはあるか。

回答：疲労度に関するドメインモデルについては、生理学の教科書などの知識を

もとに作ったものである。他のモデルも探索的に試してみたが、適合度が不足し、合理的説明ができないものであったため、今回はこのモデルを採用した。

- 1.3 質問：画像認識と他の指標の組み合わせによって改善するなど、他の研究でも複数の手法を組み合わせることでの改善を図っている流れがあるが、この研究でも、そのアプローチの観点を、ヘルスデータ分析に当てはめたとと言えるのか。もしそうならば、もう少し主張してもよいのではないか。

回答：そのとおりであり、複数の指標を用いて組み合わせるという観点から見た延長線上に本研究は位置づけられると思っている。その部分に関して加筆する。

- 1.4 質問：総合考察にて、「見える化」という言葉は何を意味しているのか。

回答：深層学習ではデータを与えると結果が出てくるが、どのように求められたかが不明であった。本研究ではどのようにして結果が出てきたのかを視覚化したリスク別の度合いに分けて見えること、また、その度合いを推定するもととなる潜在的要因もスコア化していることから「見える化」と言える。

- 1.5 質問：潜在的要因等の定量化やグラフ化をし、また、そのプロセスも明らかにできる点で「見える化」ということなのか。

回答：そのとおりであり、計算の過程や結果のグラフ化を含めて「見える化」と言っている。

- 1.6 質問：本研究で新たなアプローチを開発して、精度の指標が出てきたときに、向上の評価はどのような解釈をすればよいか。

回答：タスクの難しさにもよるため、向上した数値を絶対的に評価することはできない。今回の場合は精度が100に近く、0.1でも意義があると言える。先行研究の結果との比較で改善の意味を解釈する。

- 1.7 質問：ドメインモデルで変数の因果関係が示されている。もし変数同士での相関が矛盾するようなデータが与えられた場合どうなるのか。

回答：その場合はモデルが収束不能、計算不能になる。その時は他のモデルを探すことになり、探索的に探していき、因果関係を見直すこととなる。その上でデータの適合度を満たし合理的に説明可能なモデルを採用する必要がある。

- 1.8 質問：ドメインモデルは専門的知識に基づき作るが、その作り方についてどうすればよいか。

回答：相関関係から見るとか、探索的に作成した後で評価することとなる。単純に適合度や相関だけで作ってしまうと現実における合理性が取れなくなってしまう。そのため、後から評価するか、専門的知識をデータベース化して記録しておき内部で照合するなどの対応が必要となる。

- 1.9 質問：画像や映像の解析等もあるが、本研究は数値データが中心である。様々な統計やAIの手法を用いているが、将来的には画像やテキストデータ等の組み合わせも考えられる。それらの分析も適用すれば、研究の広がりにも役立つのではないか。

回答：視線や画像、寝返り等の動きも考慮することで異常検知が改善するなど十分考えられるため考えていきたい。

## 2 公開審査会で出された修正要求の概要

### 2.1 博士学位論文に対して、以下の修正要求が出された。

2.1.1 画像認識等他の分野の研究でも行われているような、複数の手法や指標を組み合わせて精度等結果の改善を図るといった観点から見た本研究の位置づけについて加筆する。

2.2 修正要求の各項目について、本論文最終版では以下の通りの修正が施され、修正要求を満たしていると判断された。

2.2.1 指摘に従い、「2.3 本研究の位置づけ」において一部加筆が行われた。

## 3 本論文の評価

3.1 本論文の研究目的の明確性・妥当性：ヘルスデータが容易に取得・蓄積可能となり、分析することにより効果的な利活用が期待されている。本研究では、ヘルスデータを分析するために、個人の特徴や潜在的要素等人間的な側面を考慮した多角的な視点から、複数の分析手法を組み合わせた複合的アプローチを新たに提案し、その有効性を検証することを目的としており、社会的なニーズも高く、研究目的として明確かつ妥当であると考ええる。

3.2 本論文の方法論（研究計画・分析方法等）の明確性・妥当性：本研究は、先行関連研究を踏まえ、人間的な側面を考慮しながら、統計学的手法や機械学習手法等複数の手法を分析対象に応じて統合し適用するアプローチを用いてヘルスデータを分析し、従来手法と比較し、その有効性を検証しているなど、本論文の方法論は明確かつ妥当であると考ええる。

なお、本論文で実施した研究の手続きについては、早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理委員会」の承認（2017-224）を取得し、倫理的な配慮が十分になされていると判断した。

3.3 本論文の成果の明確性・妥当性：研究1では、個人の特徴を考慮した提案手法をヘルスデータ分析に適用し、従来手法より精度が向上できることを明らかにした。また、研究2では、潜在的要因を分析することにより異常検知を行う提案手法を従来手法と比較し、精度が改善できるだけでなく、結果を得るプロセスを「見える化」することで分析の信頼性も向上できることを示唆されていることから、本論文の成果は明確かつ妥当であると考ええる。

3.4 本論文の独創性・新規性：本論文は、以下の点において独創的である。

3.4.1 研究1では、生活における周期を自己相関分析で推定し、特徴量として抽出すると共に、計算量を抑えるため1周期分のヘルスデータに対して主成分分析にて次元削減した上、2つの特徴量を組み合わせて機械学習で診断推定する。また、研究2では、人が持つ潜在的要因に着目し、構造方程式モデリングを用いて定量化し、より細かく異常検知するため、隠れマルコフモデルと組み合わせて健康リスクの度合いを推定し、結果を得るまでの途中経過が分かるように工夫するなど、独創性・新規性を有すると考える。

3.5 本論文の学術的意義・社会的意義：本論文は以下の点において学術的・社会的意

義がある。

- 3.5.1 本論文は、人間科学の観点に基づき、個人の持つ特徴や潜在的要素まで分析することで、その結果を改善できるだけでなく、従来の研究に新たな視点を示すことにより、学術的發展に寄与するものであると考える。
- 3.5.2 本論文は、提案の複合的アプローチが計算論的アルゴリズムによる実装の可能性を示唆しており、実用化されることで個人に合わせた高い精度でのヘルスケアサービスを提供することが可能となり、社会的な意義があると考ええる。
- 3.6 本論文の人間科学に対する貢献：本論文は、以下の点において、人間科学に対する貢献がある。
  - 3.6.1 本論文では、ヘルスデータ分析において、個人の特徴や潜在的要素等人間的な側面を考慮した複合的なアプローチが重要であると論じ、2つの研究事例を通じた検証によってその有効性を示している。また、提案手法の社会実装を意識し、ヘルスケアへの適用により健康増進や生活質の向上に寄与する可能性を指摘するなど、人間科学研究の発展に貢献するものであると考える。
- 3.7 不適切な引用の有無について：本論文について類似度を確認したうえで精査したところ、不適切な引用はないと判断した。

4 学位論文申請要件を満たす業績（予備審査で認められた業績）および本論文の内容（一部を含む）が掲載された主な学術論文・業績は、以下のとおりである。

- ・ K. Tago, A. Ogihara, S. Nishimura, Q. Jin: “Analysis of Pulse Diagnosis Data from a TCM Doctor and a Device by Random Forest,” in *New Frontiers in Artificial Intelligence* (K. Kojima et al. eds.), pp. 74-80 (2018).
- ・ K. Tago, K. Takagi, Q. Jin: “Detection of Health Abnormality Considering Latent Factors Inducing a Disease,” *IEEE Access*, Vol. 8, pp. 139433-139443 (2020).
- ・ K. Tago, S. Nishimura, A. Ogihara, Q. Jin: “Improving Diagnosis Estimation by Considering the Periodic Span of the Life Cycle Based on Personal Health Data,” *Big Data Research* (Elsevier), Vol. 23 (2021).

5 結論

以上に鑑みて、申請者は、博士（人間科学）の学位を授与するに十分値するものと認める。

以上