

令和元年度労災疾病臨床研究事業費補助金
「過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究」
分担研究報告書(実験研究)

労働者の体力を簡便に測定するための指標開発

研究分担者 松尾知明 独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所
過労死等防止調査研究センター・主任研究員

【研究要旨】

過労死やその関連疾患の防止策を検討する疫学研究では、労働者を取り巻く環境(外的要因)だけでなく、労働者自身が備え持つ特性(内的要因)も考慮に含め、検討する必要がある。本研究では、労働者自身が自らの身を守るための要素として、“体力”、特に“心肺持久力(cardiorespiratory fitness:CRF)”を1つの重要な内的要因と考え、疫学研究や労働者個人の健康管理に活用できる新しいCRF評価法(仮称HRmix)の開発を目指している。今年度は、1) 昨年度までの被験者実験のデータを用いた分析と論文投稿、2) HRmixの改良のための被験者実験、3) 開発した質問紙(WLAQ_CRF)や体力検査法(JNIOSH ステップテスト)を用いた横断調査を行った。1)に関しては、WLAQ_CRFに関わるデータ分析の結果を論文にまとめ、専門家(査読者)のコンセンサスを得て、学術誌で公開した(WLAQ_CRF 開発完了)。2)に関しては、年度内に80人程のデータを、3)に関しては、年度内に380人程のデータを取得する見込みである。本研究の成果を疫学研究や労働者の健康管理に活用するためには、HRmixの精度を高め、より簡便な方法が提案できるよう改良を重ねる必要がある。他方、HRmix測定を大規模調査に含めるためには、あるいはHRmix評価値を健康情報として労働者個人に返却するためには、労働者自身や企業担当者の作業負担軽減を図る必要がある。次年度以降は、被験者実験や横断調査でのデータ取得に加え、HRmix運用に必要なデータ管理システム構築にも取り組みたい。

研究分担者:

蘇 リナ(労働安全衛生総合研究所過労死等防止調査研究センター・研究員)

A. 目的

1. 研究の背景

過労死やその関連疾患の防止策を検討する疫学研究では、イベント発生(疾患発症等)の要因を特定したり、その影響の程度を数値化したりするための分析を行うこととなるが、要因検討に際しては、労働者を取り巻く環境(外的要因)だけでなく、労働者自身が備え持つ特性(内的要因)も考慮する必要がある。本研究では、それら内的要因の内、労働者自身が自らの身を守るための要素として、“体力”、特に、疾患発症や死亡率との強い関連が先行研究で示されている“心肺持久力(cardiorespiratory fitness:CRF)”に着目した研究に取り組んでいる。

CRFの代表的な評価指標は最大酸素摂取量($\dot{V}O_{2max}$)であるが、 $\dot{V}O_{2max}$ 評価のために行われる運動負荷試験は、対象者に高強度運動を求めたり、熟練した測定者と高額な装置が必要であったり、測定時間が長かったりするため、疫学研究には不向きである。また、 $\dot{V}O_{2max}$ にはいくつかの推定法が提案されているが、それらは労働者あるいは職場の実情が勘案されたものではない。このような実情を背景に、本研究では、労働者を対象とした疫学研究や労働者個人の健康管理に資する新しいCRF評価法(仮称HRmix)の開発を目指している。

2. 第1期(H27-H29年度)の研究

HRmix開発の基本方針は、 $\dot{V}O_{2max}$ をCRF評価の妥当基準とした上で、 $\dot{V}O_{2max}$ を推定するための因子を特定し、その因子を用いた回

帰モデルを作成することであり、さらには、その推定精度をできる限り高めることである。これはすなわち、 $\dot{V}O_{2max}$ と関連の強い因子で対象者をできる限り細かく分類する方法を確立する作業と言える(図 1)。因子の探索・選定では、まず、職場健診等で定常的に入手できる情報が候補に挙がる。具体的には、 $\dot{V}O_{2max}$ との強い関係が先行研究で示されている性別、年齢、体格である。よって本研究では、これら 3 因子以外で $\dot{V}O_{2max}$ との関連が強く、且つ、測定・調査時の検者・被験者の負担が少ない独自因子をいかに見出せるかがポイントとなる。

そのような観点から第 1 期では、独自因子(測定・調査ツール)の開発に向けて、質問紙(JNIOSH-WLAQ_CRF、以下 WLAQ_CRF)と簡易体力検査法(JNIOSH ステップテスト、以下 JST)を考案し、それらの妥当性検証に向けたデータ収集(被験者実験)を行った。

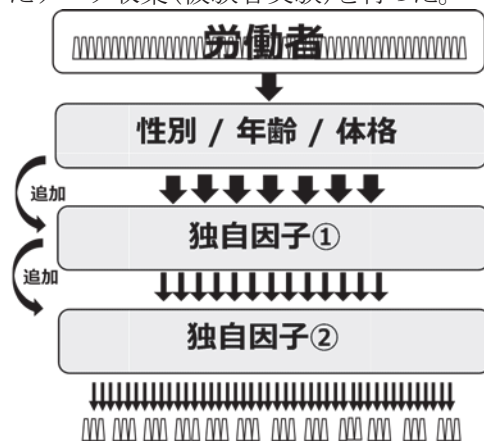


図 1 $\dot{V}O_{2max}$ 関連因子で労働者を分類

3. 今期(第 2 期:H30-R2)の課題

第 2 期の課題は、①これまでの被験者実験で得たデータを用いた分析結果をまとめ、学術誌に投稿し、審査員の評価を受け、論文として公開すること、②HRmix の改良(精度向上とさらなる簡便化)に向けた被験者実験を行うこと、③WLAQ_CRF や JST を用いた横断調査(CRF 値と健診データとの関係を検討)を行うことであった。

B. 方法

1. 既存データを用いた分析と論文投稿

昨年度までに得た約 200 人のデータを用いて、WLAQ_CRF と JST に関する詳細な分析を

行った。昨年度の報告書作成時点では、WLAQ_CRF と JST を同一の回帰モデルに組み込んだ分析結果を学術論文としてまとめたかったが、専門家(論文審査員)の助言を参考に、WLAQ_CRF と JST それぞれについて、開発の経緯を詳細に記載した論文を作成することとした。

WLAQ は労働者の座位時間評価を主な目的として開発された質問紙(産業衛生学雑誌, 2017)であり、WLAQ_CRF はその改変版(身体活動の強度に関する質問項目を 5 問追加)である。WLAQ_CRF では、追加した 5 問を含む 7 問の回答結果から physical activity score (PA スコア)が算出される。WLAQ_CRF 考案のポイントは、PA スコアが $\dot{V}O_{2max}$ と相関するよう設計された点である。

JST は労働者が、職場で(省スペースで)、安全に行えるよう工夫した 5 分間の体力検査法である。3 分間のステップ運動中とその後 2 分間の安静時心拍数を測定する。対象者はメトロノームのテンポに合わせ、30 cm のステップ台の昇降運動を行う。テンポは 1 分毎に早まる。外国人を対象とした先行研究で開発されたステップテスト(Chester step test など)より、強度を弱め、時間を短くした点が特長である。

2. HRmix の改良のための被験者実験

国内企業数社の事業場でその社員を対象に JST 測定を試みたところ、短時間で大勢の CRF 評価を行えるようにはなったものの、事業場で運用する場合は、測定会場や参加社員のスケジュールを管理する立場にある企業担当者の負担が大きかった。疫学調査を進めるにあたり、担当者への過度な負担は障壁となる。この課題を解決するためには、対象者自身がそれぞれ都合の良い時間や場所で測定できる形が望ましい。その場合、JST で対象者が行っているステップ台を用いた昇降運動を、別の運動に代替する必要がある。

今年度はその実現に向けた被験者実験を行った。JST1 の改変版(JST2)や活動量計等を活用する方法である。JST2 の内容は予備実験を行い決定した。心拍数や呼吸代謝の経時変化が JST1 と JST2 で同程度となるよう工夫している。

被験者実験の対象者は研究所実験室に来室し、身体計測、WLAQ_CRF、JST1、JST2、トレッドミルを用いた $\dot{V}O_{2max}$ 測定を行った。また、

実験期間中の約 1 週間、活動量計を装着した。

3. WLAQ_CRF や JST を用いた横断調査

第 2 期では、被験者実験だけでなく、HRmix を用いた横断研究にも取り組むこととしており、昨年度からデータ収集を開始している。今年度も昨年度と同内容で行った。データ収集のための測定と調査は、研究所実験室で行うだけでなく、研究支援企業に委託して行った。測定・調査項目は、身体計測、WLAQ_CRF、JST1、1 年以内の健診データ(BMI、腹囲、血圧、血糖、HbA1c、HDL コレステロール、中性脂肪等)である。

(倫理面での配慮)

本研究は計画の立案から実施に至るまで、ヘルシンキ宣言及び「臨床研究に関する倫理指針(厚生労働省)」に従って行った。研究実施に当たっては、対象者に対して研究内容を説明した上で、研究参加に関する同意文書に署名を受けた。本研究の内容は、労働安全衛生総合研究所研究倫理審査委員会にて審査され、承認されている(通知番号: H2744, H2810, H2920, H3004, 2019N09, 2019N10)。

C. 結果

1. 既存データを用いた分析と論文投稿

WLAQ_CRF(添付 1)に関わるデータ分析の結果をまとめた論文は、学術誌査読者の審査を経て、*BMC Public Health* に公開された(<https://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-019-8067-4>)。この段階をもって、WLAQ_CRF に関しては開発完了とした。公開された論文の概要は以下の通りである。

- 分析対象者は、30~60 歳の労働者 198 人(女性 93 人、男性 105 人)であった。
- $\dot{V}O_{2max}$ 実測値との相関は、年齢($r = -0.29$, $P < 0.01$)、性(女性 0、男性 1)($r = 0.48$, $P < 0.01$)、体格(BMI)($r = -0.20$, $P < 0.01$)、座位時間($r = -0.15$, $P = 0.03$)、PA スコア($r = 0.47$, $P < 0.01$)であった。
- $\dot{V}O_{2max}$ 実測値を目的変数、年齢、性、BMI を説明変数とした回帰モデルの寄与率は 43%であり、推定誤差(%SEE)は 13.1%であった。このモデルの説明変数に PA スコアを加えると、寄与率は 59%となり、推定誤差は 11.2%となった。

- WLAQ_CRF の再検査信頼性を検討した結果、PA スコアの級内相関係数(ICC)は 0.87 であり、良好であった。

- 年齢、性、BMI、PA スコアを説明変数とした場合の $\dot{V}O_{2max}$ 推定式は次の通りである。

$$\dot{V}O_{2max} = 59.96 + (-0.23 \times \text{年齢}) + (7.39 \times \text{性(女性 0; 男性 1)}) + (-0.79 \times \text{BMI}) + (0.33 \times \text{PA スコア})$$

- WLAQ_CRF の特長は、最近の体力科学研究の重要テーマである CRF と座位時間を同時に評価できる点である。

2. HRmix の改良のための被験者実験

現在(2020 年 1 月末)までに労働者男女 71 人(女性 33 人、男性 38 人)のデータを取得しており、年度内に 80 人程のデータを取得できる見込みである。次年度も今年度と同様、80~100 人の労働者を対象とした被験者実験を行う予定である。

3. WLAQ_CRF や JST を用いた横断調査

第 2 期の 3 年間で、計 1,000 人程のデータ収集を目標にしている。昨年度は労働者 146 人(女性 76 人、男性 70 人)のデータを取得した。今年度は、年度内に 380 人程のデータを取得できる見込みである。

D. 考察

本研究は第 1 期の初年度に開始し、今年度が 5 年目である。被験者実験は第 1 期の 2 年目に開始し、昨年度までの 3 年間で約 200 人のデータを収集した。このデータを分析し、本研究の最初の成果として WLAQ_CRF が開発された。JST1 に関しては現在、論文投稿中、JST2 やウェアラブル機器を用いた方法については現在、被験者実験中である。データ収集、分析、専門家の審査(論文投稿)の各作業を着実に進め、HRmix 開発に繋がるエビデンスを構築していきたいと考えている。

上述したように、HRmix 開発の基本方針は、 $\dot{V}O_{2max}$ を CRF 評価の妥当基準とした上で、 $\dot{V}O_{2max}$ を推定するための因子を特定し、その因子を用いた回帰モデルを作成すること、そして、その精度を高めることである。WLAQ_CRF の開発は、図 1 における独自因子①の特定に当たる。「結果」に示したように、 $\dot{V}O_{2max}$ 実測値を目的変数、年齢、性、BMI を説明変数とした回帰モデルの寄与率は 43%であった。このモ

デルに PA スコアを追加することで、寄与率が 59%まで高まり、%SEE は 11.2%となった。 $\dot{V}O_{2max}$ 推定モデルを提案する先行研究では、%SEEは10~15%程である。体力測定を行わない方法で得られた数値としては、%SEE 11.2%は良好である。この水準であれば $\dot{V}O_{2max}$ を推定する質問紙としてWLAQ_CRFは疫学調査で十分活用できる。

しかし現状では、年齢、性、BMI、WLAQ_CRF(PA スコア)が全て同じ値の対象者の $\dot{V}O_{2max}$ は同じ値に評価されることになるため、介入研究や労働者個人の健康管理には使いづらい面がある。そのため独自因子②(図1)には、心拍数反応などの生体指標を組み入れる必要があるかもしれない。JSTはそのような視点から研究を進めている。今年度はこれまでの被験者実験のデータを分析し、結果を論文にまとめた。専門家の審査を経て、コンセンサスが得られてから、次年度以降の報告書で報告したい。

今年度から開始したHRmix改良に向けた被験者実験や横断研究については、来年度もデータ収集を行い、その後、詳細な分析を行う予定である。

本研究の成果を疫学研究や労働者の健康管理に活用するためには、CRF 評価法としてのHRmixの精度を高め、より簡便な方法が提案できるよう改良を重ねる必要があるが、他方、HRmix測定を大規模な疫学調査で取り入れるためには、また、分析結果を健康情報として労働者個人に返却するためには、労働者自身や企業担当者の負担を軽減するための仕組みをいかに構築できるかが重要となる。横断調査の一環としてすでに一部取り組み始めているが、次年度以降は、システムエンジニア等専門家の協力を得て、HRmixを事業場で運用するためのデータ管理システム(ウェアラブルやアプリ、サーバー等を連動させた管理システム)の構築にも取り組みたい。

E. 結論

今年度は、1)昨年度までの被験者実験のデータを用いた分析と論文投稿、2)HRmixの改良のための被験者実験、3)WLAQ_CRFやJSTを用いた横断調査を行った。本研究も5年目となり、被験者実験のデータも蓄えられ、WLAQ_CRFの開発など、具体的な成果も得ら

れ始めた。今年度のデータ収集も概ね順調に進んだ。次年度以降も各作業を着実に進め、HRmix開発に繋がるエビデンスを構築していきたい。定期的なCRF評価を疾病予防策に活用する利点は国際的にも唱えられている。例えば、American Heart Associationは、その公式声明論文(*Circulation*,2016)の中で、“CRFは疾患発症に関わる重要なリスクファクターの中で、唯一、定期検査の仕組みが整っていない健康指標”と指摘している。本研究はこのような課題の解決策にも通ずる。HRmixの開発およびその活用システム構築に向けた研究を進展させることで、過労死関連疾患の予防に貢献する成果、ひいては国民の健康増進に貢献する成果をあげたいと考えている。

F. 健康危機情報

該当せず。

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 蘇リナ、松尾知明、高橋正也. 労働者生活行動時間調査票で評価した勤務中座位時間と健康関連指標との関係. 労働安全衛生研究. 2019; 12(3):127-133.
- 2) Matsuo T, So R, Takahashi M. Workers' physical activity data contribute to estimating maximal oxygen consumption: a questionnaire study to concurrently assess workers' sedentary behavior and cardiorespiratory fitness. BMC Public Health. 2020; 20:22.

2. 学会発表

- 1) 蘇リナ、松尾知明. JNOSH-WLAQで評価した勤務中の座位時間と心肺持久力、健診結果、抗うつ状態との関係. 第74回日本体力医学会大会、学会抄録 2019;P250.

H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

なし

I. 文献

- 1) 松尾知明、蘇リナ、笹井浩行、大河原一憲. 座位行動の評価を主な目的とした質問紙「労働者生活行動時間調査票 (JNIOOSH-WLAQ)」の開発, 産業衛生学雑誌, 2017; 59(6):219-228.
- 2) Ross R, Blair SN, Arena R et al. Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: a case for fitness as a clinical vital sign: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2016; 134:e653-e699.

はじめに「勤務日」について質問します。最近1ヵ月ほどの場面を思い出し、「平均的な勤務日」を想定し、お答えください。

《就寝・起床時刻》

問1 **勤務日の前日**(0 時を過ぎて就寝した場合も前日とお考えください)の**就寝時刻**は何時くらいですか。眠る時刻ではなく寝床に入る(布団やベッドで横になる)時刻でお考えください。また、**勤務日の起床時刻**は何時くらいですか。目覚める時刻ではなく布団やベッドから起き上がる時刻でお考え下さい。

(24 時間表記でご記入ください)

前日の就寝時刻 (24 時間表記)

時 分

勤務日の起床時刻 (24 時間表記)

時 分

《通勤と勤務時間中》

問2 **勤務日**、出勤のため**自宅を出発する時刻**と**職場に到着する時刻**は何時くらいですか。専業主婦であったり自宅が職場を兼ねていたりし、通勤がない場合は「通勤なし」に✓をし、仕事を開始する時刻をお書き下さい。(24 時間表記でご記入ください)

自宅を出発する時刻 (24 時間表記)

時 分

職場に到着する時刻 (24 時間表記)

時 分

通勤なし() ⇒ 仕事を開始する時刻 ()時()分

問3 問 2 の**片道通勤時間(自宅を出発してから職場に到着するまでの時間)の中**で、以下の交通手段に要する時間はどのくらいですか。日によって交通手段が異なる場合でも、代表的な日についてお答えください。

- A) 徒歩(走も含む)または自転車に乗っている時間 ()分
- B) 座っている時間(車、バイク、電車、バス、駅など) ()分
- C) 立っている時間(電車やバスまたは駅など) ()分
- D) その他の時間 ()分

*A~D の合計が片道通勤時間の合計になるようにお考えください。

問4 **勤務日**、ご自身が**仕事を終えて職場を離れる時刻**は何時くらいですか。(24 時間表記でご記入ください)

(24 時間表記) 時 分

問5 平均的な1日の**勤務時間中**(通勤時間は除く)、**座っている時間**と**立ったり歩いたりしている時間**の割合はどの程度だと思いますか。全勤務時間を100%とし、2つの合計が100%になるように空欄に記入してください。

参考)デスクワークや会議、車やバイクなどでの移動は「座っている時間」、徒歩や自転車での移動、立ち仕事は「立ったり歩いたりしている時間」

- A) 座っている時間 ()%
- B) 立ったり歩いたりしている時間 ()%

問6 平均的な1日の**勤務時間中**（通勤時間は除く）、息がはずむほど（心拍が高まるほど）の作業ほどのくらい ありますか。1～4から1つ選び○をつけてください。

- 1) ない／ほとんどない 2) まれにある 3) ときどきある 4) 頻繁にある

《勤務日の余暇時間について》

問7 **勤務日の「睡眠」「通勤」「勤務」の時間を除いた余暇時間中**（仕事後の余暇、家事の時間、自宅での余暇など）、ご自身の状況にあてはまるものを1～4から1つ選び○をつけてください。

参考）車やバイクなどに乗る時間（運転含む）は「座っている時間」、自転車に乗ったり、運動したりする時間は「立ったり歩いたりしている時間」

- 1) 座ったり寝そべったりしている時間が大部分を占める
2) どちらかといえば座ったり寝そべったりしている時間が多い
3) どちらかといえば立ったり歩いたりしている時間が多い
4) 立ったり歩いたりしている時間が大部分を占める

問8 **勤務日の余暇時間**（仕事後の余暇や自宅での時間など）に、ウォーキングやジョギング、スポーツクラブや運動系サークル・スクールでの活動など、意図的な身体活動（運動）をどのくらいしていますか。1)～4)から1つ選び○をつけてください。

- 1) やらないほとんどやらない 2) 月1～3日ほど 3) 週1～2日ほど 4) 週3日以上

問9 **問8で2～4に○をつけた方**は1日あたりのだいたいの運動時間を教えてください。

- 1) 15分未満 2) 15～30分ほど 3) 30～60分ほど 4) 60分以上

問10 **問8で2～4に○をつけた方**は1回あたりのだいたいの運動の強さを教えてください。

- 1) 汗をかかず、息がはずまないほど
2) 汗がにじみ、息がはずむほど（心拍が高まるほど）
3) 汗だくになったり、呼吸が激しくなったりするほど
4) 疲労困憊となったり、運動後立っていられなくなったりするほど

→次ページへ

ここからは休日(勤務がない日)に関する質問です。最近1ヵ月ほどの場面を思い出し、「平均的な休日」を想定し、お答えください。

問11 **休日の前日**(0 時を過ぎて就寝した場合も前日とお考えください)の**就寝時間**は何時くらいですか。眠る時刻ではなく寝床に入る(布団やベッドで横になる)時刻でお考えください。また、**休日の起床時間**は何時くらいですか。目覚める時刻ではなく布団やベッドから起き上がる時刻でお考えください。

(24 時間表記でご記入ください)

前日の就寝時刻 (24 時間表記)
□ □ 時 □ □ 分

休日の起床時刻 (24 時間表記)
□ □ 時 □ □ 分

問12 **休日の「睡眠時間」を除いた時間(家事や庭仕事など含む)、座ったり寝そべったりしている時間と立ったり歩いたりしている時間**の割合はどの程度だと思いますか。2 つの合計が 100%になるように空欄に記入してください。

- A) 座ったり寝そべったりしている時間 () %
B) 立ったり歩いたりしている時間 () %

問13 **休日**にウォーキングやジョギング、スポーツクラブや運動系サークル・スクールでの活動など、意図的な身体活動(運動)をどのくらいしていますか。1)~4)から1つ選び○をつけてください。

- 1) やらない、またはほとんどやらない 2) 月 1~2 日ほど
3) 週 1 日 4) 週 2 日あるいはそれ以上

問14 **問 13 で 2~4 に○をつけた方**は 1 日あたりのだいたいの運動時間を教えてください。

- 1) 15 分未満 2) 15~30 分ほど 3) 30~60 分ほど 4) 60 分以上

問15 **問 13 で 2~4 に○をつけた方**は 1 回あたりのだいたいの運動の強さを教えてください。

- 1) 汗をかかず、息がはずまないほど
2) 汗がにじみ、息がはずむほど(心拍が高まるほど)
3) 汗だくになったり、呼吸が激しくなったりするほど
4) 疲労困憊となったり、運動後立っていられなくなったりするほど

質問は以上です。お疲れ様でした。

労働者生活行動時間調査票 (JNIOOSH-WLAQ_CRF)

座位時間とPAスコアの計算方法

- ◆ 通勤中の座位時間：問 3B (分)
- ◆ 勤務中の座位時間：勤務時間 (問 2 と問 4 から算出) × 問 5A (%) (分)
- ◆ 勤務日余暇時間中の座位時間：[1440 分 - 睡眠時間 (問 1 から算出) - 勤務時間 (問 2 と問 4 から算出) - 2 × 通勤時間 (問 2 から算出)] × (問 7 の回答：#1: 90%, #2: 60%, #3: 40%, #4: 10%) (分)
- ◆ 休日の座位時間：[1440 分 - 睡眠時間 (問 11 から算出)] × 問 12A (%) (分)
- ◆ PA スコア (0~44 点) = 問 6 回答 (「1」: 0 点, 「2」: 3 点, 「3」: 5 点, 「4」: 10 点) + 問 8 回答 (「1」: 0 点, 「2」: 1 点, 「3」: 2 点, 「4」: 3 点) + 問 9 回答 (「1」: 1 点, 「2」: 2 点, 「3」: 3 点, 「4」: 4 点) + 問 10 回答 (「1」: 0 点, 「2」: 3 点, 「3」: 5 点, 「4」: 10 点) + 問 13 回答 (「1」: 0 点, 「2」: 1 点, 「3」: 2 点, 「4」: 3 点) + 問 14 回答 (「1」: 1 点, 「2」: 2 点, 「3」: 3 点, 「4」: 4 点) + 問 15 回答 (「1」: 0 点, 「2」: 3 点, 「3」: 5 点, 「4」: 10 点) ※問 8 の回答が「1」の場合、問 9 と問 10 の得点は 0、同様に、問 13 の回答が「1」の場合、問 14 と問 15 の得点は 0。