



船員・水先人の疲労管理：歩行速度による疲労度評価の可能性

林, 祐司
戸羽, 政博
石倉, 歩
村井, 康二

(Citation)

神戸大学大学院海事科学研究科紀要, 07<商船・理工論篇>:21-26

(Issue Date)

2010-07

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81002399>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81002399>



船員・水先人の疲労管理

— 歩行速度による疲労度評価の可能性 —

Fatigue management for seafarers and marine pilots at sea

— Possibility of fatigue evaluation by walking velocity —

林 祐司, 戸羽 政博*, 石倉 歩**, 村井 康二

Yuji HAYASHI, Masahiro TOBA*, Ayumi ISHIKURA** and Koji MURAI

(平成 22 年 3 月 1 日 受付)

Abstract

Sea disasters carrying oil pollution made huge damage to environment and ecology on the earth. Generally speaking, those sea disasters almost occurred by human errors at sea and on land. The authors thought that one of the main reasons for human errors was fatigue of seafarers and marine pilots. If they knew their individual body and mental conditions and cared by themselves, they did not do such kind of foolish mistake. To know one's condition by oneself is avoiding dangerous ship situation at sea.

In this paper, we propose that walking velocity is an effective index for degree of fatigue. For the proposal, we examined walking velocities of faculty teachers before their lectures and after their lectures at the same corridor and distance between two lines. For the result, we find that their walking velocity decreased after their lectures.

(Received March 1, 2010)

1. はじめに

油流出を伴う海難事故は、地球環境及び生態系に大きな被害をもたらす。その海難事故原因の7割以上が、ヒューマンエラーに起因するものと云われている。一方、船員の運航業務や水先人の水先業務は、勤務時間に関して、不規則な労働環境下にある。また、日本人の場合は、一般的に勤勉な性格から、時間外労働に対する抵抗感が少なく、その結果として長時間労働を行う勤労者の割合が高くなる。このような労働環境下において、忙しいことが当たり前と感じている日本人は少なく、疲労していることを当たり前のように感じ、疲労に関して、鈍感になっていると推察できる。⁽¹⁾

これらのことから、ヒューマンエラーが生じる原因の一つとして、「疲労」が重要な要素であると考えられ

る。この疲労の度合を事前に知り、自身の疲労度に対する認識を持ち、疲労対策を講じることができれば、事故に向かって連鎖するヒューマンエラーの低減に貢献することが可能であると考えられる。

疲労に関する研究のなかには、看護師に対して行われたウェアラブルセンサを用いて疲労度を評価するものがある⁽²⁾。しかしながら、船員や水先人といった物理的及び空間的に特殊な労働環境下においては、その疲労度の評価方法を検討する必要がある。つまり、疲労度評価を非接触かつアンケート等を含めた、評価対象者による負担を一切必要とせず、また、限られた空間での評価可能な方法が求められる。

そこで、本研究では、船員や水先人の疲労度の評価方法を開発する可能性を研究するために、個人の歩行速度と疲労度の関係を求め、疲労度を定量的に評価するための評価方法開発の可能性を吟味することを主目的とする。具体的には、ある作業の前後の歩行速度を

* 神戸大学 海事科学部

** 海技大学校 (芦屋市西蔵町 12-24)

計測し、その速度差を調査する。また同時に、身体上半身の前後方向の傾斜角度の変化についても調査する。

2. 建物内における歩行調査

神戸大学海事科学部キャンパスの建物内での歩行速度の変化量を計測する際に、単独歩行者の歩行ルートを確認する必要があり、歩行速度及び身体傾斜角度により定量的な疲労評価を行うための実験を実施するための予備調査として、建物内に設定した観測用通路を通過する歩行者数及び単独歩行者の歩行軌跡を調査する。

2.1 歩行者数及び歩行場所の調査

本調査の目的は、以下の3つである。

- (1) 観測対象者となりうる単独歩行者の十分な人数を確保するための調査と調査時間帯の設定。
- (2) 観測データを収集するデジタルビデオカメラ（以下、ビデオカメラという。）の設置に関する問題点の解明のための調査。
- (3) 観測用通路を通過する単独歩行者の通路幅方向の歩行場所の調査。

2.1.1 調査概要

本調査は、海事科学部2号館3階西側の南北通路（幅：2.0m）（以下、南北通路という。）において実施する。ビデオカメラを用いて、設定した通路における単独歩行者を観察し、調査場所として適切か否かを調査する。調査対象者は、本研究の主旨を知らされていない学生及び教員である。

2.1.2 調査方法

ビデオカメラを同通路南端付近に北向きに設置し、観測用通路として設定した南北通路における学生及び教員の歩行状態を映像として記録し、記録された映像により、南北通路の通路幅のどの付近を単独歩行者は歩行するのかを解析する。

図1に同通路におけるビデオカメラ設置位置と撮影方向の概略図を示す。また、ビデオカメラの設置高さは、十分な俯角を得るために南北通路床面より1.8mに設定した。

本調査で使用したビデオカメラは、1/30秒毎に1画像を記録する。即ち、画像による時間測定を行う場合の時間分解能は1/30秒である。

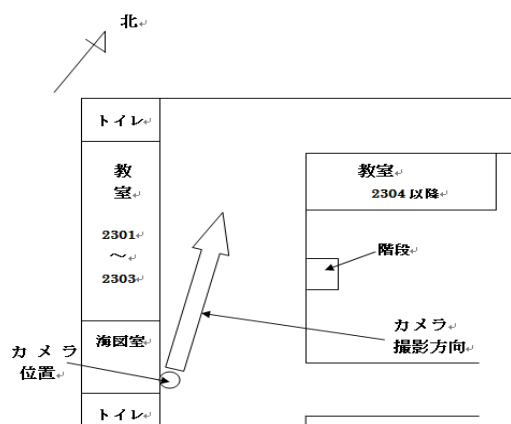


図1：南北通路におけるカメラ設置位置

2.1.3 調査結果及び考察

本調査により収集した単独歩行者数は、556人であった。また、歩行場所としては、以下の2種類のみであることが明らかとなった。各種類に対する人数を図2に示す。また、南北通路における歩行領域（東側・西側）の判断基準を図3に示す。図3より、歩行領域として歩行場所を検討するために、通路を大きく2領域に分け、東側及び西側とした。

[歩行場所の種類]

- (1) 長椅子を除いて、中央より窓側（東側）を歩行する。(556人中538人)
- (2) 長椅子を除いて、中央より教室側（西側）を歩行する。(556人中18人)

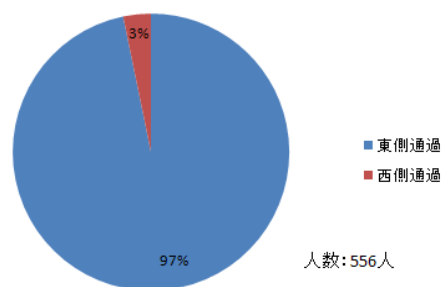


図2：南北通路における通過場所割合

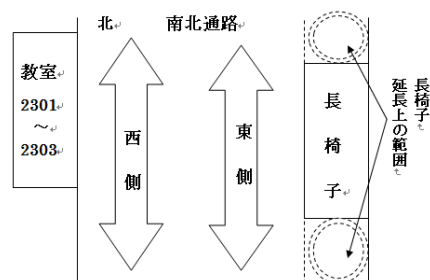


図3：南北通路における歩行領域の概要

図 3 において、長椅子のあるときの通路幅は、1.6 mである。歩行者は、直進すれば、1.6mの通路幅が歩行領域となる。

本調査より、以下の結果が得られた。

(1) 以下の3つの要素に関して検討した。しかし、これらの要素は、歩行種類との相関性が見られなかったため除外した。

- ・進行方向（北行きまたは南行き）
- ・使用階段（校舎内の階段または校舎外の石段）
- ・目的地（2301～2303 教室または 2304 以降の教室）

(2) 講義に遅刻する者や講義が延長された場合、単独歩行者が相対的に増加する。

(3) 対象者に関して、2 人以上で歩行をしている場合は、2 列で歩行することが多く、必要なデータが獲得が不可能である。また、調査対象者に関して、以下の i ～iiiに挙げる歩行の障害となる要素が存在する際に、それを避けるよう行動することから、必要なデータの獲得が困難になる。

- i 南北通路に設置された長椅子に人がいる。
- ii 同通路の交通流を阻害する人が存在する。
- iii 進行方向が北行きの人と南行きの人が同時に存在する。

これらの結果を踏まえて、2 日間で 556 データが単独歩行者のデータとして取得でき、設定通路とした南北通路において、解析に必要な十分な単独歩行者数を獲得することが可能であることが明らかとなった。

2.2 歩行軌跡の調査

2.2.1 調査概要

本調査は、ある一定の作業前後の歩行速度の変化量を調査するために、歩行者が一定距離を歩く時間を求める必要がある。そのために、どのような歩行軌跡を調査する必要があり、南北通路にゲートを設けて、その間における歩行軌跡を調査する。

2.2.2 調査方法

ビデオカメラを南北通路南側付近に設置し、同通路に設置したゲート間（以下、対象通路という。）を歩行する学生及び教員を映像として記録する。図 4 に同通路におけるカメラ設置位置、撮影方向及びゲートの概略図を示す。

ゲートとは、通路上の縦方向に距離が 10mとなる 2 本のラインを引き、北側に引いたラインを北側ライン、

南側に引いたラインを南側ラインとする。なお、この 2 本のラインには、歩行進路を調査するために、20cm 毎に目盛りを入れる。ラインの横方向の中心を“0”とし、左右を L1～L4、R1～R4 と定義する（図 5 参照）。

教室側より 0.2mの地点	→ L4
教室側より 0.4mの地点	→ L3
教室側より 0.6mの地点	→ L2
教室側より 0.8mの地点	→ L1
教室側より 1.0mの地点（中央）	→ 0
教室側より 1.2mの地点	→ R1
教室側より 1.4mの地点	→ R2
教室側より 1.6mの地点	→ R3
教室側より 1.8mの地点	→ R4

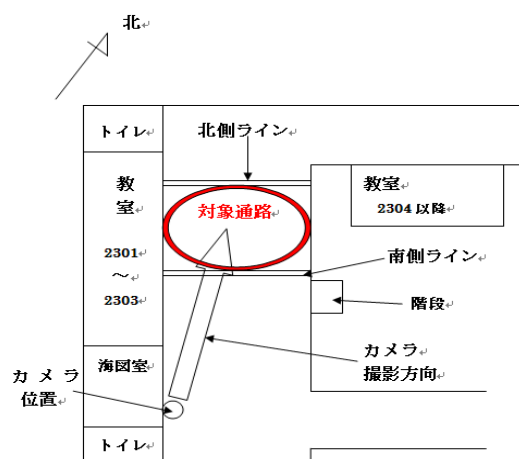


図 4：対象通路におけるカメラ位置等の概略図

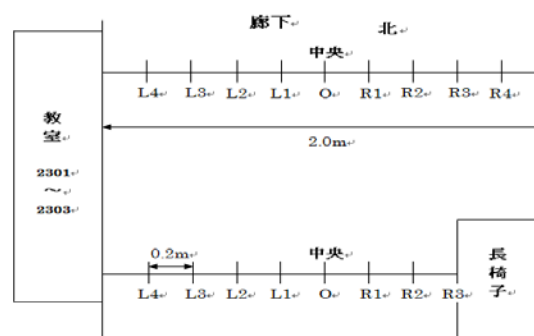


図 5：ライン上の目盛りの表示形式

- (1) 直線的な歩行をする。
- (2) 単独歩行者である。
- (3) 同通路に歩行の障害となる要素が存在しない。

(3)の歩行の障害となる要素は、2.1.3 項の i ～ iii に掲げたものである。

2.2.3 調査結果及び考察

解析対象者は、合計 376 人であった。歩行状態は、以下のような結果となった。

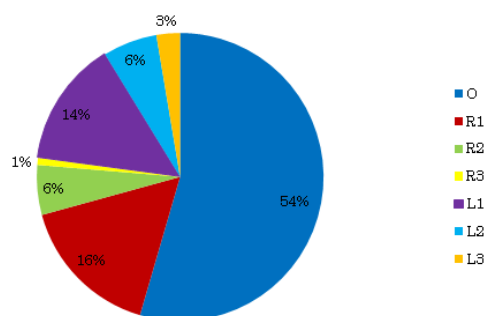


図 6：北側ラインにおける通過場所割合

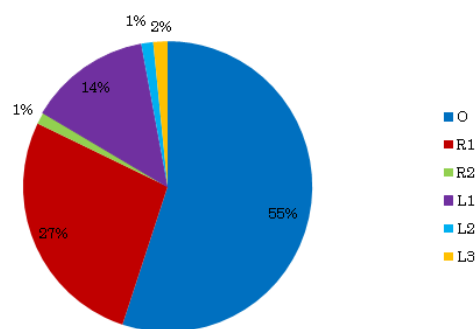


図 7：南側ラインにおける通過場所割合

図 6、図 7 より、南北通路において、人が単独歩行する際、北側ラインにおいては R4・L4 地点を通過しないことが分かった。また、南側ラインにおいては R3・L4 地点を通過しない。つまり、単独歩行する際、両端からそれぞれ 40cm の範囲内は歩行しないという結果が明らかとなった。

次に、廊下中央付近である L1・O・R1 の範囲においては以下の歩行割合となった。

- A) O を通る割合
 - 北側ライン上で 54% (205 人/376 人)
 - 南側ライン上で 55% (207 人/376 人)
- B) R1 を通る割合
 - 北側ライン上で 16% (61 人/376 人)
 - 南側ライン上で 27% (102 人/376 人)
- C) L1 を通る割合
 - 北側ライン上で 14% (53 人/376 人)
 - 南側ライン上で 14% (51 人/376 人)

つまり、北側ラインでは 84%、南側ラインでは 96% の人が中央付近を通るという結果が得られた。このことから、単独歩行する際、窓側に長椅子の有無に関わらず、通路の中央付近を歩行すると云える。

3. 歩行速度の観測

3.1 調査概要

海事科学部 2 号館 3 階南ウイングの航海学第一実験室に設置したビデオカメラにより、事前の各調査から、調査場所と設定通路を対象として学生及び教員の歩行映像を記録する。そして、同通路にある窓枠 1 組分の長さ 3.20m を、歩行速度を求めるための対象領域（歩行速度算出領域）とする。歩行速度算出領域の映像を、1/30 秒単位で記録する。そして、取得映像を用いて、1 コマの講義の前後に教員が窓枠 1 組分を通過する時間を測得する。この通過時間から、時速を算出し、講義前後での個人の歩行速度を比較する。概略図を図 8 に、実験対象の窓枠を図 9 にそれぞれ示す。

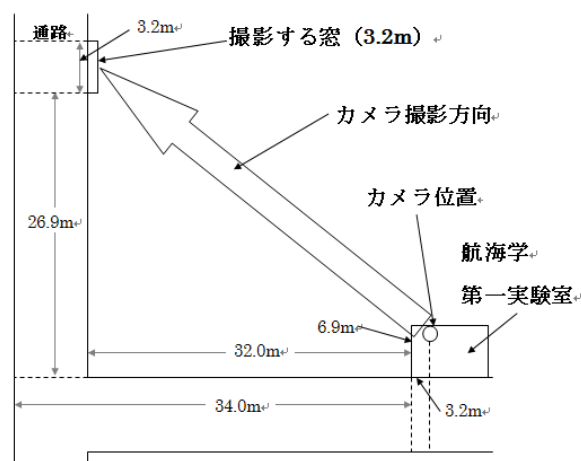


図 8：歩行速度測定実験の概略図



図 9：実験対象となる窓枠

3.2 歩行速度の解析方法

本調査の対象通路において、『校舎内における歩行調査』により、単独歩行する際、通路の中央付近（中央から左右に20cmの範囲）を通るという結果が得られた。このことから、本実験において、対象通路の範囲内では、以下の2つの理由から通路中央を歩行するものとして考える。

- (1) 対象通路の範囲内において、通路中央を通る割合がその他を通るときの約2/3である。
- (2) 歩行距離が最大となるときは、対象範囲内を斜めに歩行したときであり、式①より3.225mと計算できる（図10参照）。このとき、窓枠1枚分との差が最大となり、差は2.5cmとなる。しかし、すべての場合において、この差が生じるわけではない。

対象範囲内を斜めに歩行するときの距離を $x[m]$ とする。

$$x^2 = 3.2^2 + 0.4^2 \dots \dots \textcircled{1}$$

式①より

$$x = 3.2249 \dots \dots$$

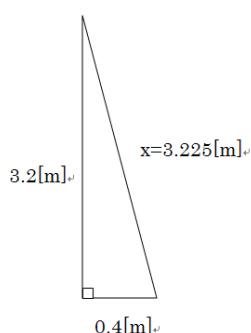


図10：最大歩行距離の算出概要

また、本調査において、対象通路に対してビデオカメラの撮影方向は斜め方向からの撮影となるため、対象となる距離は3.2mではなく式②、③より3.29mとなる。この差は、すべての場合において生じるため、本実験では3.29mを距離として一様に用いる。

x, y を求める。（ x, y に関しては図11参照。）

$$20.0 : 35.8 = x : 36.8$$

$$x = \frac{20.0 \times 36.8}{35.8} = 20.558 \dots \dots \textcircled{2}$$

$$23.2 : 35.8 = y : 36.8$$

$$y = \frac{23.2 \times 36.8}{35.8} = 23.848 \dots \dots \textcircled{3}$$

式②、③より、 x, y の差は3.29mとなる。

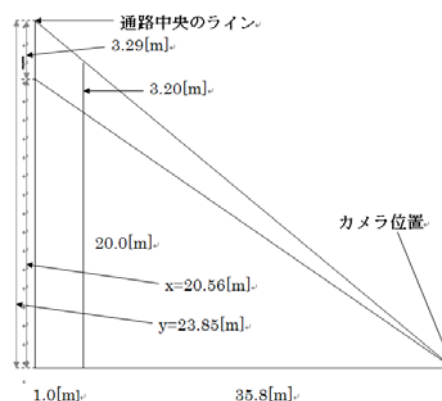


図11：斜め撮影による窓枠と通路中央の距離の差

3.3 調査結果及び考察

本調査において、延べ9人、合計17回の歩行速度を解析した。結果を図12に示す。また、講義前後での歩行速度の差（＝講義前の歩行速度－講義後の歩行速度）を表したものを図13に示す。

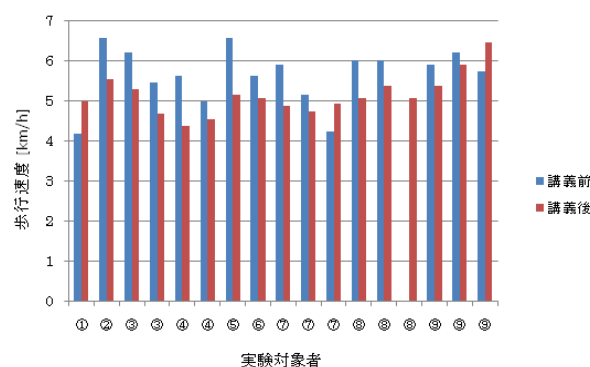


図12：講義前後の教員別の歩行速度

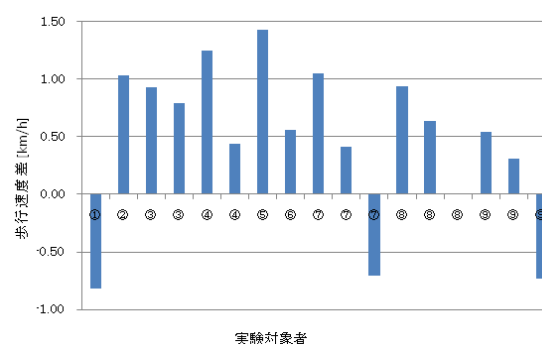


図13：講義前後の教員別の歩行速度差

本調査において、講義前と講義後とで、歩行距離が3.29mと短い距離においても、歩行速度に差が出ることを確認できた。この際、図13より、17データ中13データにおいて、講義前より講義後の方が歩行速度は遅くなるという結果が得られた。これは、90分という

長時間の講義において、休憩を取らず、話し続け、かつ、立ち続けるといった要素から疲労が蓄積されていくため、歩行速度が遅くなったと考えられる。本調査から、歩行速度と疲労には関連性がある可能性を見出すことができたと考える。

4. 身体傾斜角度の測定

4.1 調査概要

歩行時の上半身の前後方向の傾きを測定するために、ビデオカメラから得られた画像データから身体傾斜角度として求める。そして、教員の講義前後での身体傾斜角度の変化を求める。

4.2 身体傾斜角度の測定方法

3 節の調査から得られた歩行映像を、静止画像として、身体傾斜角度を算出する。この時、斜め方向からの映像を用いて角度を測定するため、以下の3条件により、大小関係を相対的に比較する。

- (1) カメラ位置の固定
- (2) 身体の傾斜角測定地点の固定
- (3) 窓枠下辺を基準線として身体傾斜角を測定

4.3 結果及び考察

本調査において、延べ9人、合計17回の身体傾斜角度を測定し、その結果を図14に示す。また、講義前後での身体傾斜角度の差（講義後の身体傾斜角度－講義前の身体傾斜角度）を調査対象者別に表したものを図15に示す。

本実験により、17データ中14データにおいて、講義前の方がより前傾姿勢になっているという結果が得られた。これは、先行研究⁽¹⁾⁻⁽⁵⁾の結果に反する結果となり、身体傾斜角度については、再検討が必要である。

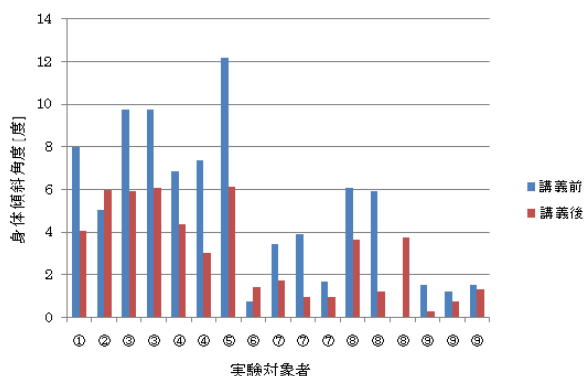


図14：講義前後の教員別の身体傾斜角度

図15：講義前後の教員別の身体傾斜角度差

5. まとめ

本研究を通して、講義前と講義後では、歩行速度に変化があることを確認することができた。この際、17データ中13データにおいて、講義前より講義後の方が歩行速度は遅くなるという結果が得られた。これは、90分の講義において、疲労が蓄積され歩行速度が低下したと考えられる。さらに、短距離で歩行速度に差が生じることを確認できたことは、限られた空間で、歩行速度から疲労を評価することが可能であることを示唆している。このように個人毎の歩行速度と疲労の関係をモデル化することにより、疲労状況を認識できる評価方法を構築できる可能性がある。

一方、身体傾斜角度に関しては、疲労との関連性は再検討が必要である。

謝 辞

本研究において、多大なご協力を賜った航海学研究室特別研究履修学生の皆様に深甚の謝意を表します。

参考文献

- (1) 前原直樹ほか：アンケート調査による慢性疲労の出現頻度と特徴について、労働科学、82 巻、No.1、2006
- (2) 佐々木司ほか：夜間時間帯にとられる仮眠の効果に関する文献的考察、労働科学、68 巻、No.2、1992
- (3) 佐々木司：オフィス労働の IT 化と労働者の疲労、労働科学、78 巻、No.6、2002
- (4) 酒井一博ほか：乗務・生活時間調査からみた国際線航空機乗務員のフライトと睡眠、労働科学、73 巻、No.10、1997
- (5) 澤貢ほか：タクシー運転手の営業収入の多寡に伴う行動変容、労働科学、72 巻、No.11、1996