



小型加速度計による船員の行動評価に関する基礎研究

村井, 康二
藤本, 一平
林, 祐司

(Citation)

神戸大学大学院海事科学研究科紀要, 08<商船・理工論篇>:1-6

(Issue Date)

2011-07

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81003305>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81003305>



小型加速度計による船員の行動評価に関する基礎研究

Basic Study on Evaluation of A Seafarer's Performance Using Small Acceleration Sensor

村井 康二, 藤本一平*, 林 祐司

Koji MURAI, Ippei FUJIMOTO, and Yuji HAYASHI

(平成 23 年 4 月 8 日 受付)

Abstract

A seafaring life is unstable compared with ground life for ship's pitching and rolling. We consider seafarers on the sea take more physical workload for their duty more than shore. In this study, we aim to evaluate the physical workload (performance) on board using a small acceleration sensor toward more safe seafaring life in the development of Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) technology. The experiment was carried out at our school and T.S. *Fukae-maru* for both of lives- ground and on-board. The results show 1) the small acceleration sensor is able to evaluate the seafarer's performance, and 2) the seafaring life takes a lot of small accelerations for the body, 3) the maximum value is 3 G for both. The measured data in this study will be useful for researches to decrease marine accidents at sea.

(Received April 8, 2011)

1. はじめに

船舶は海上における浮体であることから、船体動揺が生じ、その船上生活は陸上と比べて身体的に常に不安定であると考えられる。そして、足元が不安定な場所での日常生活は、陸上生活と比べて身体負担が大きくなると考える。

本研究では、3 軸小型加速度計を用いて船上および陸上生活における身体加速度を測定し、船上生活における特徴について考察する。そして、船上生活での事故や疲労評価の発展につなげたい。応用研究としては、すでに水先人を対象とした研究も進めている^[1]。先行研究から、水先業務では海上における水先要請船舶と水先艇間における移乗による乗下船時が最も危険を伴う労働環境であり、死亡事故に至ることが全国発生件数から見れば3年に1人の頻度で生じている^[2]。そのため、水先人の移乗乗下船の安全確保は、乗下船に携わる関係各所にとって重要な課題となっている。

具体的な内容としては、身体に装着可能であり被験者に負担をかけない小型の加速度計を使用し、陸上および船上での日常生活に生じる身体加速度を定量的に評価する。そして、陸上および船上生活の測定結果を比較し、船上特有の身体加速度について検討、考察する。

2. 加速度測定実験

2.1 実験概要

実験は、海事科学研究科附属練習船「深江丸」のH22年度夏季研究航海を利用した船上生活実験（以下、船上実験）と一般的な通学、大学生活における陸上生活実験（以下、陸上実験）を対象に行った。被験者は健常な男性（22才、三級海技士（航海））とした。

3 軸小型加速度計（以下、加速度計）は、身体重心に近い腰部に装着し、身体加速度を3方向（身体上下、左右、前後）に対して同時測定した（図1）。また、装着部分での遊びがないよ

* 海事科学部海事技術マネジメント学課程

うベルトに固定した。これは、装着部に生じる空間において加速度計自体が動くことで大きな加速度が生じることを可能な限り防止するためである。さらに、実験中はボイスレコーダにより音声を記録することで、実験中に生じた各種イベントを記録した。



図1 3軸小型加速度計装着の概要

図1より、加速度計はベルトに包帯で固定し、加速度計とベルトの装着部で生じる加速度を可能な限り少なくした。本研究での測定可能な連続時間は、メモリーではなく加速度計のバッテリーにより制約を受け、約9時間（最長）であった。実験各日に対して約9時間の加速度測定を行った。

身体と加速度計各軸との関係を図2に示す。

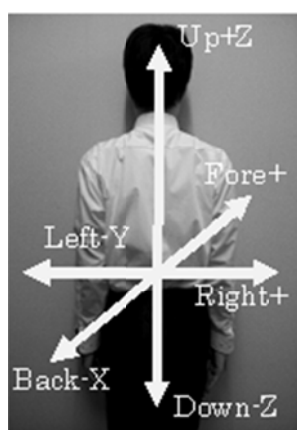


図2 身体と加速度計各軸の関係

本研究では、X軸：身体前後方向（前(+)、後(-)）、Y軸：身体左右方向（右(+)、左(-)）、Z軸：身体上下方向（上(+)、下(-)）とした。

2.2 陸上実験

陸上実験は、一般的な自宅で起床してからはじまる日常生活に対して行った。イベントを時系列に示す。

（イベント）

[測定開始]

- 1) 自宅を出発し自転車でコンビニへ移動。
- 2) コンビニを出発し自転車で郵便局へ移動。
- 3) 郵便局を出発し自転車で大学へ移動。
- 4) 大学到着後、深江キャンパス2号館3階、研究室へ移動。
- 5) 研究室到着後、椅子に座り論文作成。
- 6) 昼食のため階段を下り、食堂まで徒歩で移動。
- 7) 昼食後、2階学生生協へ移動。
- 8) 2号館研究室へ移動。
- 9) 研究室到着後、再び椅子に座り論文作成。

[測定終了]

陸上実験での主要イベントは“自転車運動”、“階段上り・下り”、“徒歩”、“座位による作業”の4種類となった。

2.3 船上実験

船上実験は、深江丸夏季研究航海（期間：2010年9月7日～13日）での船上生活に対して行った。実験海域の概要としては、大学（深江）発、瀬戸内海を航行し門司、豊後水道を南下し高知沖、大学（深江）着である。実験中の気象海象として、特に悪条件は無かった。イベントを時系列に示す。

（イベント）

[測定開始]

- 1) 宇部港内（仮泊）発、門司港向け出港。
- 2) 船橋にて双眼鏡の設置等、出港準備。
- 3) 出港後、船橋にて操船見学。
- 4) 朝食のため学生ホールへ移動。
- 5) 食事後、後片づけ。
- 6) 学生居室にて1時間程度の仮眠。
- 7) 仮眠後、船橋にて操船見学。
- 8) 昼食のため学生ホールへ移動。

- 9) 昼食後、再び船橋にて操船見学。
 - 10) 門司港入港準備。
 - 11) 入港準備のため後部甲板へ移動。
 - 12) 後部甲板にてフェンダー出し、舷梯設置等の準備。
 - 13) 入港後、学生ホールにて下船時の諸注意を受ける。
- [測定終了]

船上実験での主要イベントは“出入港時作業”、“階段上り下り”、“徒歩”、“座位による作業”の4種類となった。

3. 加速度計

実験に使用する加速度計は被験者に装着に対する負担をかけない小型モデルを用いる。加速度計の概要は以下の通りである（図3）。

（概要）

- ・サイズ：縦31×横51×幅13 mm³
- ・データ記録時間：9.1 hours
- ・データサンプリング周波数 16 Hz

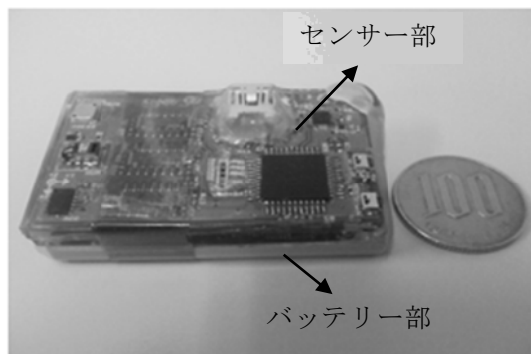


図3 加速度計

サンプリング周波数は、加速度計を用いた先行研究^[3]を検討して決定した。参考にランニング、歩行時の加速度および周波数を示す。

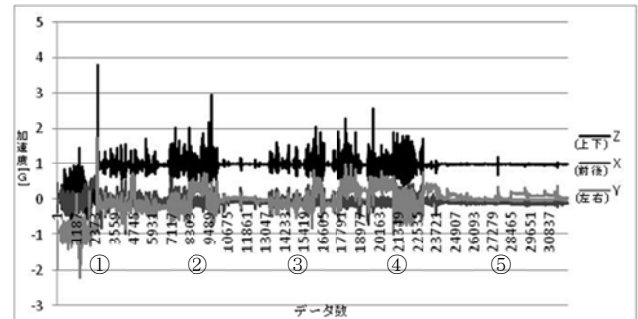
（参考）

- ・ランニング 1.5 [Hz]、2.05 [G]
5.1 [Hz]、0.78 [G]
- ・歩行 1.0 [Hz]、0.43 [G]
3.7 [Hz]、0.31 [G]

4. 結果

4.1 陸上生活

陸上実験に対する測定結果の一例を図4に示す。図4中の番号①～⑤はイベントを示す。



[イベント]

- ①測定開始 ②自転車でコンビニへ移動 ③自転車で大学へ移動 ④研究室に向かうために階段を上がる ⑤椅子に座る

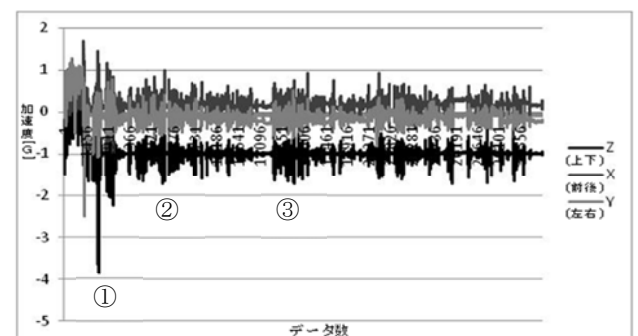
図4 陸上実験の測定結果一例

図4は、自宅から大学までの通学に生じた加速度を示す。

図4より、“自転車運動”と“階段上り”に対して身体上下（Z軸）および左右（Y軸）方向に1G程度以下の加速度変化が生じた。

4.2 船上生活

船上実験に対する測定結果の一例を図5に示す。図5中の番号①～③はイベントを示す。



[イベント]

- ①測定開始、出港準備のため船橋へ移動 ②船橋で双眼鏡を設置 ③船橋にて操船見学

図5 船上実験の測定結果一例

図5は、学生居室から船橋に移動し、船橋での出港準備に生じた加速度を示す。

図5より、船橋に向かうために階段を上る際に3G程度の加速度が生じた。また、船橋では常に行動しているため、身体全方向に対して小刻みな加速度変化が生じた。

5. 考察

5.1 陸上・船上における階段運動

陸上および船上実験の両者とも、加速度の最大値は階段昇降時に生じており、全測定データ通して約3Gであった。図6、図7にそれぞれ陸上実験、船上実験時の階段運動を示す。図中の番号①～⑦が階段イベントを示し、矢印“↑”、“↓”はそれぞれ階段の“上がり”、“下がり”を意味する。また、図7のイベント⑦（プラス側）で生じている様な大きな測定値はエラーとして取り扱う。

比較対象の階段は、陸上は大学にある階段、船上は実験中に最も頻繁に利用した船橋から学生居室までの階段である。

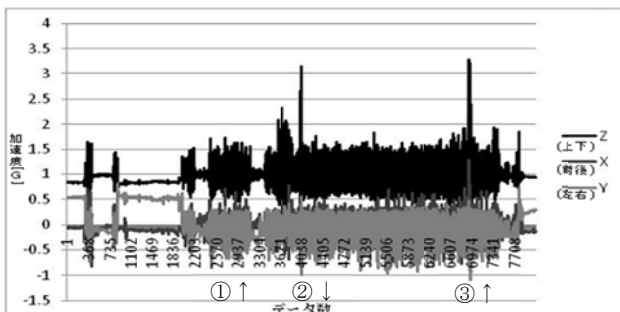


図6 陸上における階段運動

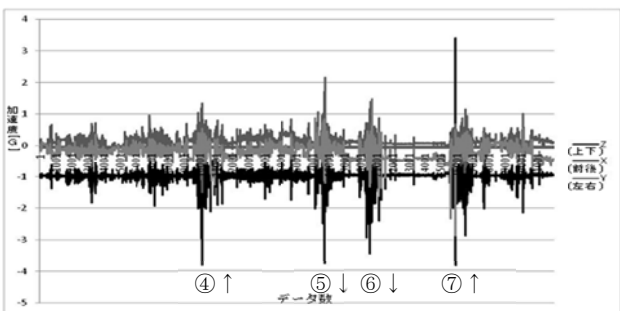


図7 船上における階段運動

図6、図7より、階段昇降時では約0.5～3.0G

の加速度が生じている。陸上と船上を比べると、瞬間的な加速度は陸上より船上の方が大きいことがわかる。

これらの結果から、陸上および船上における階段運動について、深江丸の階段と学校の階段は、深江丸：傾斜角 約45度、縦22cm、横22.5cm、大学：傾斜角 約30度、縦18cm、横30.5cm（図8）であり、深江丸の方が急勾配である。

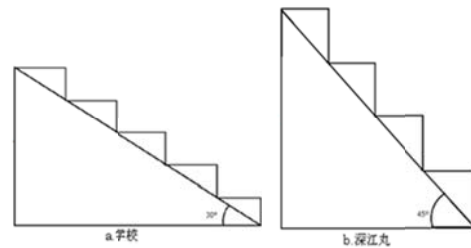
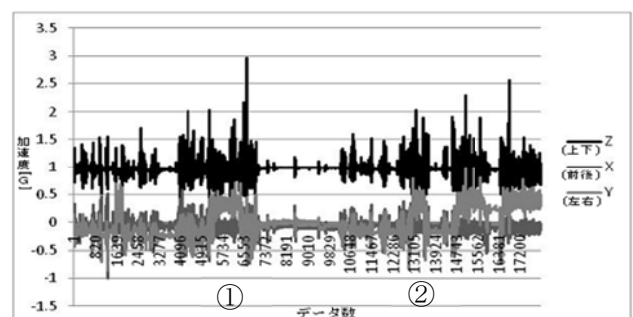


図8 陸上および船上の階段の概要

陸上と異なり、船舶は限られた狭いスペースに設置されるため、階段の角度が大きいことが一般的であり、船上の方が身体的に日常生活でも負担が大きいと考えることができる。この角度の差異が階段の上下動にかかる加速度に影響していると考えられる。

5.2 陸上と船上における比較

陸上および船上実験における階段運動以外の顕著な行動（作業）イベントである自転車運動（陸上）と入出港作業：フェンダーの出し入れ（船上）の測定結果をそれぞれ図8、図9に示す。図中の番号①～③はイベントを示す。

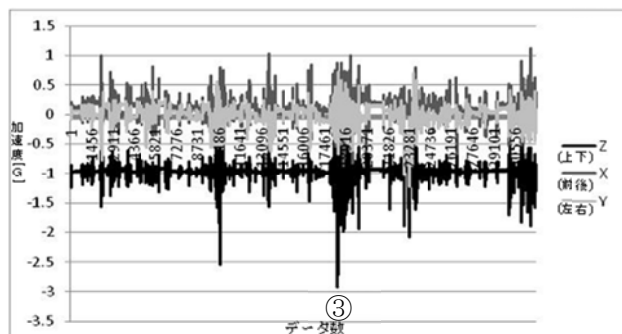


[イベント]

①②自転車

図8 陸上実験（自転車運動）

図 8 より、自転車運動では、最大 2G 程度の加速度が身体上下方向に見られ、他方向では 0.5G 程度の加速度が運動中に継続的に生じている。また、陸上では運動時以外、全身体方向とも加速度変化はほぼ無いことがわかる。特に上下方向では変化しない。



[イベント]

③ 出入港作業 (フェンダーの取り付け)

図 9 船上実験 (入港作業)

図 9 より、船上では陸上と比べて微小な加速度変化が常時生じている。また、作業時 (イベント③) には 2G 程度の加速度が身体上下方向に生じており、同じく、1G 程度が身体左右および前後方向にも生じている。

これらの結果から、小型加速度計を身体重心部分である腰部に装着することで、身体 3 方向の加速度を各種行動 (作業) に対して、測定可能であり、船員や水先人を対象とした実験に本測定手法を用いることが可能であることが明らかとなった。また、船上や陸上の日常的な行動 (作業) では 3G 程度までの加速度が生じることがわかった。

6. まとめ

本研究では、陸上および船上生活における各種行動によって生じる身体加速度を 3 方向 (上下、左右、前後) に対して小型加速度計により測定し、船上生活における特徴について検討、考察した。以下に結果のまとめを示す。

- 陸上と比べて、船上では小さな加速度変化

が身体 3 方向すべてに対して生じる。

- 加速度の最大値は、階段運動時に生じ、3G 程度である。
- 船内生活では階段を利用することが多く、陸上と比べ身体上下方向の加速度変化が多い。

今後の課題としては、1) 陸上および船上での同一イベントに対する比較検討、2) 船体動揺 (荒天) 時のデータ測定、3) 加速度以外の指標^{[4]-[7]}を用いた複数指標評価、4) さらなるデータの蓄積が考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり、小型加速度計の提供および検討を行っていただいた JST ERATO 前中プロジェクトの前中一介 教授、藤田孝之 准教授 (兵庫県立大学)、樋口行平 技術参事 ((独) 科学技術振興機構)、才木常正 主任研究員 (兵庫県立工業技術センター) に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 藤澤邦臣、村井康二、林 祐司、前中一介、“水先人乗下船時の身体運動に関する基礎研究 - 三級水先修業生の場合 - ”、日本航海学会論文集、124 号、pp.21-26 (2011)
- [2] 林 祐司、藤澤邦臣、村井康二、“水先人の乗下船および乗船時の人身事故発生傾向”、日本航海学会論文集、121 号、pp.117-124 (2009)
- [3] 一般加速度計データ
<http://www.transducer-research-foundation.org/powermems2009/>
- [4] 文谷知明、“加速度計付歩数計による女子学生の身体活動指標の評価”、川崎医療福祉学会誌、vol.19、No.1、pp.177-183 (2009)
- [5] 海老根直之、島田美恵子、田中宏暁、西牟田守、吉武裕、斎藤慎一、Peter J.H.Jones、“二重標識水法を用いた簡易エネルギー消費量推定法の評価 - 生活時間調査法、心拍数法、加速度計法について - ”、体力科学、

vol.51、pp.151-164 (2002)

- [6] 樋口博之、綾部誠也、進藤宗洋、吉武裕、
田中宏暁、“加速度センサーを内蔵した歩数
計による若年者と高齢者の日常身体活動量
の比較”、体力科学、vol.52、pp.111-118
(2003)
- [7] 引原有輝、斎藤槇一、吉武裕、“高校野球選
手における簡易エネルギー消費量測定法の
妥当性の検討”、体力科学、vol.54、
pp.363-372 (2005)