

□症例報告□

加速度脈波による船酔いの評価—2 症例による前額部と手指尖部の比較—

菊地俊紀<sup>1</sup>, 廣瀬高士<sup>2</sup>, 千足耕一<sup>3</sup>, 藤本浩一<sup>3</sup>, 新井健一<sup>1</sup>, 佐野裕司<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 日本大学生産工学部; <sup>2</sup> 株式会社商船三井; <sup>3</sup> 東京海洋大学学術研究院; <sup>4</sup> 東京海洋大学

海洋人間学雑誌, 5(3):58-67, 2017.

(受付: 2015年9月23日; 最終稿受理: 2016年12月3日)

キーワード: 動揺病、船酔い、自覚的強度、加速度脈波

I. 緒言

動揺病は乗り物の動揺を主要因とし、乗り物酔いや加速度病とも呼ばれる。船酔いは動揺病の一つで、船体動揺要因と環境要因(場所、臭い、作業状況等)、また、それを受け止める身体的要因との相互関係によって生じる。船内という限られた空間による運動不足と相対的栄養過多が循環を悪化傾向にさせ<sup>1,2)</sup>、当直交代制という特殊な勤務体制<sup>3)</sup>と東西航海の時差<sup>4,5)</sup>が生体リズムを崩し、慢性的な睡眠不足<sup>6,7)</sup>、そして船体動揺<sup>8-12)</sup>が船酔いを発生させると言われている。

佐野らの船員養成課程学生に対する調査では、様々な乗物の中で最も乗物酔いの経験頻度が高いのは船舶であること<sup>13)</sup>、長期航海未経験学生の約1ヶ月間の航海中に船酔いを最も多発した日には約70%の学生が船酔いを訴え、嘔吐者が約21%いたことが報告されている<sup>7)</sup>。また、花田<sup>14)</sup>は航海未経験者の80%、Shupakら<sup>10)</sup>は96%に船酔いにかかったことを報告している。このように長期航海では、その経験の無い者にとって船酔い発生が極めて高率であり、船酔いの予知予防の研究は重要である。

動揺病の代表的な症状には、悪心(吐き気)、嘔吐、頭重感、生欠伸など様々あるが、顔面蒼白や冷や汗のような末梢循環と関連する症状も見られる。末梢循環の指標としては従来から指尖容積脈波があるが、指尖容積脈波では波形の起伏がはっきりしないため波形解析が難解であった。そこで佐野ら<sup>15,17)</sup>は、従来の指尖容積脈波に2回連続して微分を加えて、加速度脈波(二次微分波)として捉える分析方法を提案した。この方法は従来の指尖容積脈波より波形の起伏がはっきりするため波形解析が容易となる利点があり、現在では、

医学や体育学の分野で広く使用されるに至っている。

動揺病(船酔い)と加速度脈波との関係については、これまで手指尖部の加速度脈波からの検討報告があるが<sup>18,19)</sup>、顔面蒼白の程度を評価できる可能性のある顔面の加速度脈波を捉えた検討報告はない。狭小かつ半閉鎖的であり、動揺の多い船内空間において、継続的に生理学的データを収集することは非常に困難であるが、今回は2症例の前額部及び手指尖部加速度脈波のデータ収集に成功したことから、船酔い前から船酔いに至る経過について観察した結果を報告するものである。

II. 方法

1. 被験者(表1)

被験者は事前に実験内容を十分説明し同意を得た23歳(以下、症例H)と24歳(以下、症例I)の男子2名である。被験者の身体特性は表1に示した。症例Hは約3ヶ月の乗船経験があり、症例Iは乗船経験がほとんどない。

2. 対象船舶、海域、実験時間、気象(表2)

対象船舶は東京商船大学(現東京海洋大学)の練習船汐路丸(449トン)、海域は東京湾館山沖で行われた。陸上生活による影響を避けるために、実験は短期実験航海中(7月31日~8月3日)の2日目に8時頃から16時30分頃の間に行われた。実験場所は汐路丸の船首部にある教室であった。

航行中の気象状態を表2に示した。実験当日の航行中の気象は穏やかであった。

Table 1. Physical characteristics of subjects

Subject	Sex	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)
H	male	23	182.5	77.0	104	68
I	male	24	171.3	71.5	107	75

3. 測定方法

A. 測定の項目と条件

測定項目は、酔酔いの自覚的強度、循環動態の指標として脈拍数、血圧および前額部と手指尖部の加速度脈波であった。測定は全て座位で行い、航行中は5分毎に、仮泊中は随時に数回行った。

B. 酔酔いの自覚的強度の評価

酔酔いの自覚的強度は、佐野らの方法を用いて、「なし(0)」「弱い(1)」「強い(2)」「非常に強い(3)」の4段階の自覚的強度を被験者から聴取して評価した。

C. 血圧および脈拍

血圧はオムロン社製の自動血圧計 HEM-705CP を使用し、右上上腕部で測定した。脈拍は自動血圧計に出力されたものを採用した。

Table 2. Weather conditions in the experimental voyage

Date	Time	Wind direction	Wind force	Weather	Atmospheric condition (hPa)	Temp. (°C)	Humidity (°C)	Sea temp. (°C)
Aug.1	7:00	Calm	0	Sunny	1010.8	28.7	94.3	-
	8:00	Calm	0	Sunny	1010.9	29.0	85.0	-
	9:00	N. West	1	Sunny	1010.8	29.0	87.8	26.8
	10:00	Calm	0	Sunny	1011.0	28.3	98.6	26.2
	11:00	South	1	Sunny	1011.3	28.7	97.3	27.5
	12:00	South-SW	2	Sunny	1011.0	29.0	91.3	27.9
	13:00	South	2	Sunny	1010.8	29.2	89.1	28.3
	14:00	South	3	Sunny	1010.8	29.5	85.9	27.5
	15:00	South	3	Most. sunny	1010.6	29.3	91.2	26.7
	16:00	South	3	Sunny	1010.9	29.8	74.2	27.2
17:00	South	3	Sunny	1011.2	29.6	80.5	-	

Wind force	Wind speed (m/sec)
Calm	0.0-0.2
1	0.3-1.5
2	1.6-3.3
3	3.4-5.4
4	5.5-7.9
5	8.0-10.7
6	10.8-13.8
7	13.9-17.1
8	17.2-20.7

N. West: North West
SW: South West

D. 加速度脈波の測定

加速度脈波はミサワホーム総合研究所製の APG-200 を2台使用して測定した。手指尖部は、付属のセンサーを改良し<sup>18)</sup>、それを左手第3指に紙絆創膏で固定して、第1指を上、第5指を下にした状態で心臓位にて測定した。前額部の加速度脈波は佐野らが開発した近赤外光拡散透過式センサー<sup>20)</sup>をネット包帯で固定して測定した。

E. 加速度脈波の分析

図1に示されるように、加速度脈波の波形には幾つかのピークがある。佐野ら<sup>15・17)</sup>はそれらを a~e 点に分類し、加速度脈波の基線から上部を正の領域、下部を負の領域と定めて、b/a 比、c/a 比、d/a 比、e/a 比、(d-c)/a 比、(e-d)/a 比および総合的な指標としての加速度脈波係数 (APG Index=(c+d-b)/a×100) を加速度脈波の定

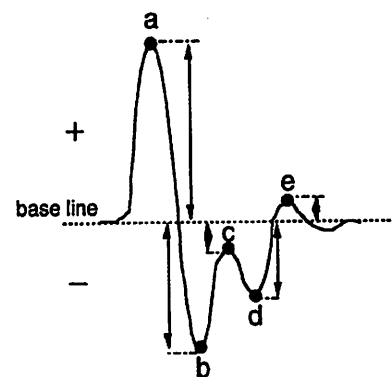


Figure 1. Schematic view and analytical method of Second derivative photo plethysmograph (SDPG).

量的評価指標として提案している。本研究では、臨床面で広く利用されている b/a 比、c/a 比、d/a 比、e/a 比および APG Index について検討した。

Ⅲ. 結果

1. 船酔いの自覚的強度の時系列変化

症例 H と I における船酔いの自覚的強度、循環動態の時系列変化を表 3、表 4 に示した。症例 H (表 3) は、航行前の仮泊中は船酔いを自覚していなかったが、航

行に移るとすぐ (9:50) に船酔いの自覚的強度が 1 (弱い) に上昇した。その状況が航行の終盤 (12:30) まで継続し、13:00 以降は自覚症状が消失した。症例 I (表 4) も同様に、航行前の仮泊中は船酔いを自覚していなかったが、航行に移るとすぐ (9:50) に船酔いの自覚的強度が 1 (弱い) に上昇した。5 分後には自覚的強度が 2 (強い) に上昇し、10:10 に一旦 1 (弱い) に下降したがすぐに 2 (強い) に戻った。10:25 以降は 1 (弱い) の状況が続き、12:15 以降は自覚症状が消失した。

Table 3. The time-series change of hemodynamics and subjective intensity of seasickness during the experimental voyage in subject H.

Time	Ship Condition	Sea sickness	PR (b/m)	SBP (mmHg)	DBP	Forehead SDPG (%)					Fingertip SDPG (%)				
						b/a	c/a	d/a	e/a	APG	b/a	c/a	d/a	e/a	APG
815	EA	0	72	105	60	-64	-22	-22	8	20	-76	1	-1	21	76
830	EA	0	63	100	55	-48	-17	-28	5	3	-80	5	-3	18	82
845	EA	0	69	99	58	-40	-21	-29	3	-10	-79	3	-3	21	79
900	EA	0	65	98	62	-45	-23	-27	6	-5	-82	5	-2	18	85
950	Navi	1	61	104	65	-21	-7	-52	7	-38	-62	0	-26	20	36
955	Navi	1	62	101	68	-20	-2	-50	1	-32	-67	-13	-17	20	37
1000	Navi	1	60	101	67	-22	-10	-51	0	-39	-74	1	-21	21	54
1005	Navi	1	63	102	68	-28	-10	-42	0	-24	-69	-5	-22	21	42
1010	Navi	1	64	106	66	-19	-6	-49	3	-36	-72	-8	-21	14	43
1015	Navi	1	62	102	65	-35	-8	-38	2	-11	-75	-8	-15	16	52
1020	Navi	1	57	111	67	-27	-1	-46	6	-20	-77	-6	-12	21	59
1025	Navi	1	57	94	63	-21	-1	-51	-3	-31	-77	-1	-21	16	55
1030	Navi	1	57	102	66	-27	-2	-44	3	-19	-75	5	-21	18	59
1035	Navi	1	56	97	67	-23	2	-50	6	-25	-71	3	-20	14	54
1040	Navi	1	56	106	71	-24	5	-53	3	-24	-78	6	-23	19	61
1045	Navi	1	56	98	67	-17	3	-46	2	-26	-79	8	-18	21	69
1050	Navi	1	58	98	64	-19	1	-43	3	-26	-79	8	-26	22	61
1055	Navi	1	44	98	77	-16	1	-51	-6	-34	-80	8	-19	16	69
1100	Navi	1	56	93	59	-22	-6	-45	-2	-29	-76	4	-8	17	72
1105	Navi	1	54	105	61	-21	9	-52	3	-22	-78	10	-20	11	68
1110	Navi	1	55	94	61	-19	1	-52	-7	-32	-74	6	-16	15	64
1115	Navi	1	55	104	63	-23	4	-51	2	-24	-77	10	-20	19	67
1120	Navi	1	55	100	60	-21	7	-51	6	-23	-84	13	-28	18	69
1125	Navi	1	55	99	62	-26	1	-48	3	-21	-80	10	-22	18	68
1130	Navi	1	57	97	63	-27	1	-50	4	-22	-72	6	-28	23	50
1215	Navi	1	71	110	71	-31	-11	-40	-6	-20	-80	10	-7	16	83
1230	Navi	1	57	95	67	-29	-5	-46	4	-22	-84	8	-8	19	84
1300	Navi	0	62	102	61	-30	-6	-41	-4	-17	-74	-1	-8	16	65
1330	Navi	0	58	106	66	-34	-5	-49	2	-20	-76	13	-8	13	81
1400	Navi	0	60	98	69	-27	-4	-48	2	-25	-68	9	-28	15	49
1430	Navi	0	64	105	67	-36	-24	-37	9	-25	-85	4	-4	26	85
1600	EA	0	62	105	67	-35	-5	-39	4	-9	-69	11	-25	15	55
1630	EA	0	65	102	64	-36	-12	-34	7	-10	-76	-7	-10	22	59

EA: Emergency Anchoring Navi: Navigation

Table 4. The time-series change of hemodynamics and subjective intensity of seasickness during the experimental voyage in subject I.

Time	Ship Condition	Sea sickness	PR (b/m)	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)	Forehead SDPG (%)					Fingertip SDPG (%)				
						b/a	c/a	d/a	e/a	APG	b/a	c/a	d/a	e/a	APG
830	EA	0	80	122	76	-42	-23	-25	10	-6	-104	11	8	41	123
845	EA	0	75	121	75	-38	-21	-28	20	-11	-95	-3	-3	50	89
900	EA	0	72	125	77	-52	-35	-35	17	-18	-86	10	10	22	106
950	Navi	1	66	134	86	-32	-15	-27	7	-10	-95	12	10	24	117
955	Navi	2	65	128	80	-23	-18	-35	5	-30	-95	6	6	26	107
1000	Navi	2	64	120	78	-25	-13	-32	7	-20	-92	7	7	24	106
1005	Navi	2	64	133	76	-32	-17	-39	9	-24	-89	-7	-7	46	75
1010	Navi	1	69	117	76	-23	-18	-35	12	-30	-91	-6	-3	47	82
1015	Navi	2	66	118	76	-28	-16	-32	15	-20	-87	-7	-6	31	74
1020	Navi	2	66	122	76	-26	-21	-37	15	-32	-93	-3	-3	41	87
1025	Navi	1	72	125	76	-28	-21	-35	10	-28	-95	-2	-2	44	91
1030	Navi	1	68	120	71	-24	-18	-37	13	-31	-93	-1	-1	43	91
1035	Navi	1	64	109	70	-32	-20	-30	12	-18	-96	-5	-5	53	86
1040	Navi	1	70	112	61	-25	-16	-39	15	-30	-93	-1	-1	44	91
1045	Navi	1	63	102	69	-23	-19	-35	8	-31	-91	-2	-2	43	87
1050	Navi	1	62	107	67	-25	-11	-39	9	-25	-92	2	2	37	96
1055	Navi	1	59	117	67	-23	-10	-34	14	-21	-93	6	5	31	104
1100	Navi	1	61	111	72	-20	-12	-41	15	-33	-89	-4	-4	42	81
1105	Navi	1	67	123	77	-28	-18	-34	15	-24	-96	1	-2	42	95
1110	Navi	1	57	114	68	-24	-18	-32	10	-26	-98	-5	-5	42	88
1115	Navi	1	65	113	72	-21	-15	-37	14	-31	-95	-6	-6	48	83
1120	Navi	1	64	102	59	-24	-14	-40	18	-30	-100	-7	-7	41	86
1125	Navi	1	63	112	89	-22	-12	-32	19	-22	-97	-1	-1	35	95
1130	Navi	1	62	106	70	-21	-12	-33	6	-24	-90	8	-1	19	97
1215	Navi	0	73	115	69	-38	-16	-23	10	-1	-89	12	10	23	111
1230	Navi	0	71	111	72	-41	-15	-22	15	4	-88	-1	-1	41	86
1300	Navi	0	72	107	73	-44	-13	-25	8	6	-92	-8	-8	53	76
1330	Navi	0	66	118	63	-43	-15	-26	14	2	-95	11	9	21	115
1400	Navi	0	73	115	75	-40	-16	-27	17	-3	-98	-4	-4	51	90
1430	Navi	0	62	110	73	-35	-12	-21	8	2	-97	-4	-4	59	89

EA: Emergency Anchoring Navi: Navigation

2. 脈拍の時系列変化と船酔いの自覚的強度の関係

症例 H と I における脈拍の時系列変化を図 2、図 3 に示した。症例 H (図 2) は、航行前の仮泊中から脈拍が低下傾向を示し、船酔いの自覚的強度が上昇した区間は一貫して最初に測定した値よりも低い値を示した。船酔いの自覚症状が消失すると最初に測定した

値に向かって上昇傾向が見られた。症例 I (図 3) も同様に、航行前の仮泊中から脈拍が低下傾向を示し、船酔いの自覚的強度が上昇した区間は一貫して最初に測定した値よりも低い値を示した。船酔いの自覚症状が消失すると最初に測定した値に向かって上昇傾向が見られた。

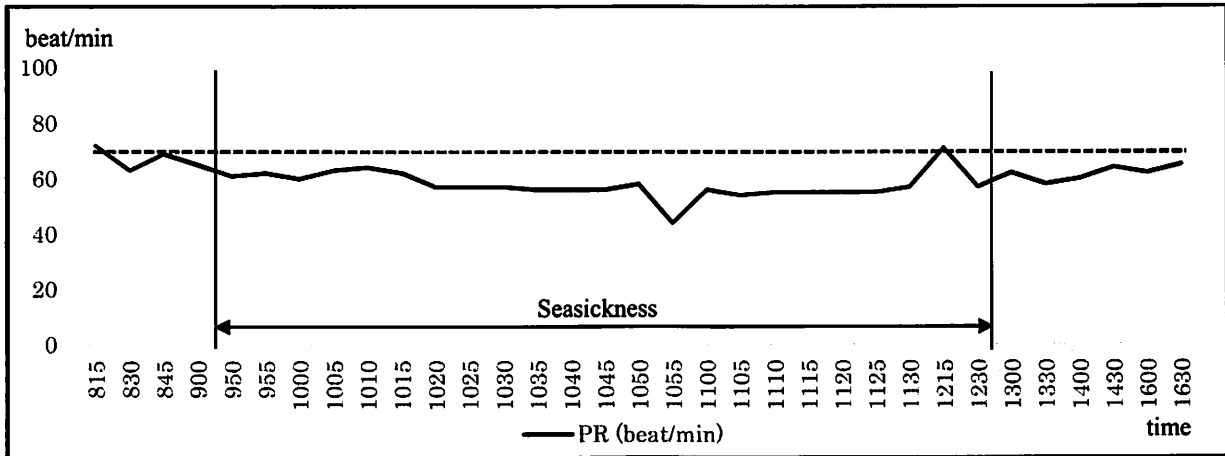


Figure 2. The time-series change of pulse rate (PR) during the experimental voyage in subject H.

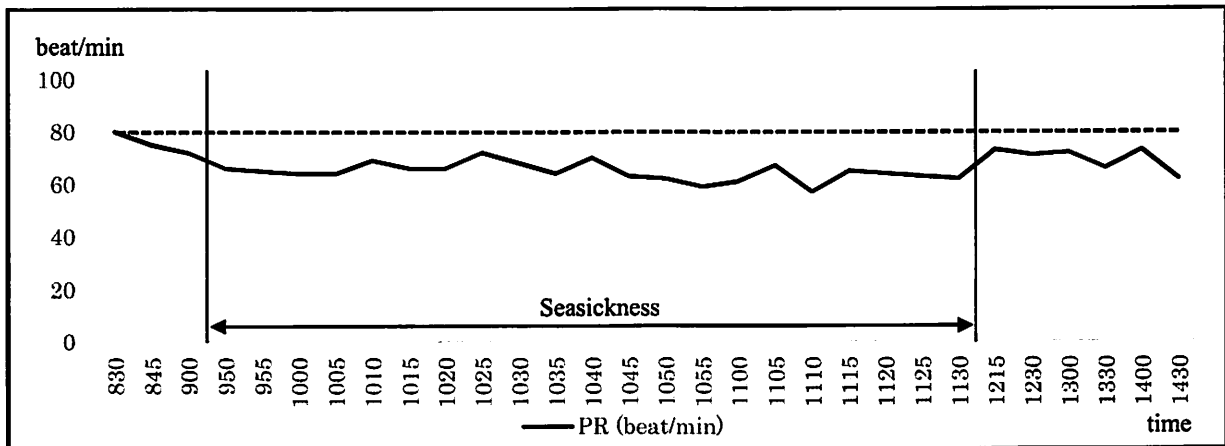


Figure 3. The time-series change of pulse rate (PR) during the experimental voyage in subject I

3. 血圧の時系列変化と船酔いの自覚的強度の関係

症例 H と I における血圧の時系列変化を図 4、図 5 に示した。症例 H (図 4) では、収縮期血圧は船酔いの自覚的強度の変化に対して一定の変化を示さなかった。一方拡張期血圧は、船酔いの自覚的強度が上昇

している区間は上昇傾向を示した。症例 I (図 5) では、収縮期血圧、拡張期血圧ともに、船酔いの自覚的強度が上昇すると一旦上昇し、その後下降する傾向が見られた。

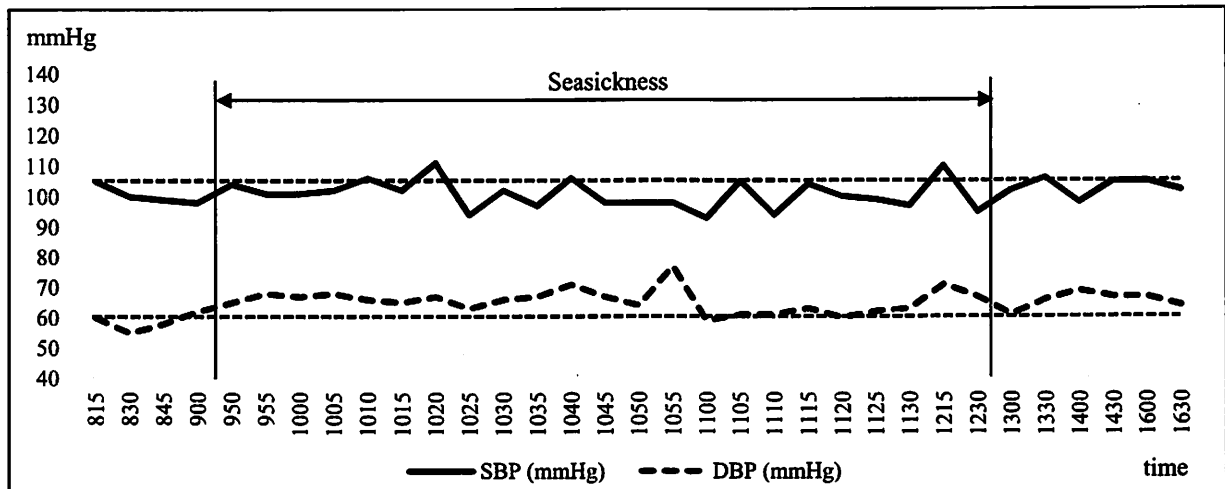


Figure 4. The time-series change of systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) during the experimental voyage in subject H

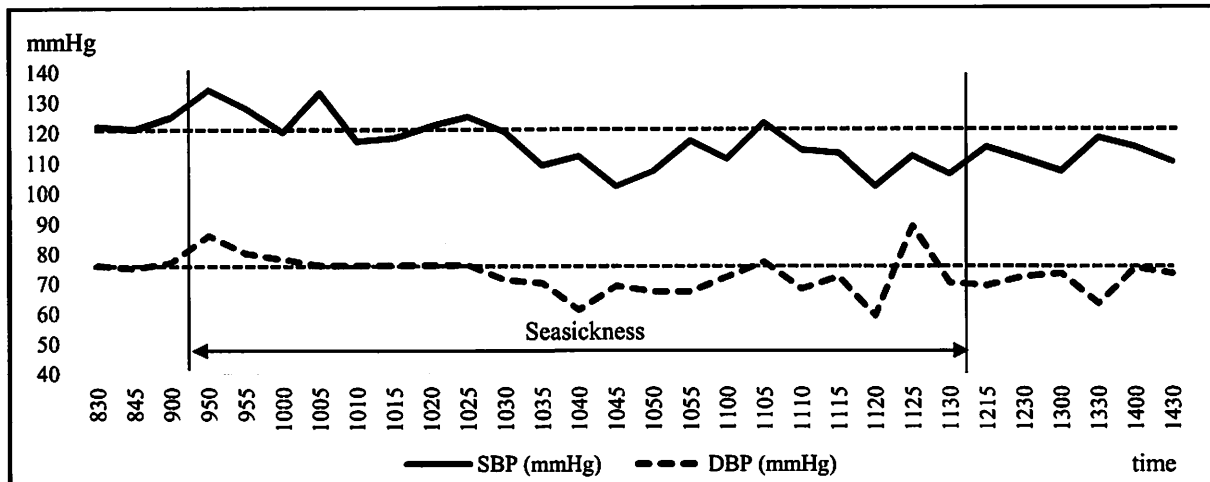


Figure 5. The time-series change of systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) during the experimental voyage in subject I.

4. 加速度脈波の定量的評価指標の時系列変化と船酔いの自覚的強度の関係

症例 H と症例 I における前額部と手指尖部の加速度脈波 b/a 比 (以下 b/a 比) の時系列変化を図 6、図 7 に示した。症例 H (図 6) では、船酔いの自覚的強度

A. 加速度脈波 b/a 比

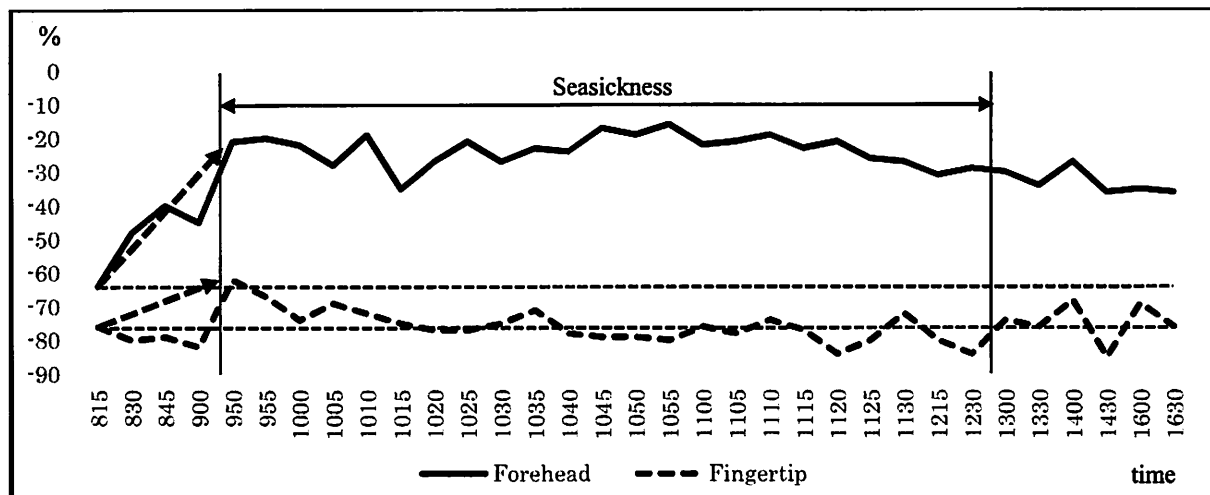


Figure 6. The time-series change of second derivative photo plethysmography (SDPG) b/a ratio during the experimental voyage in subject H.

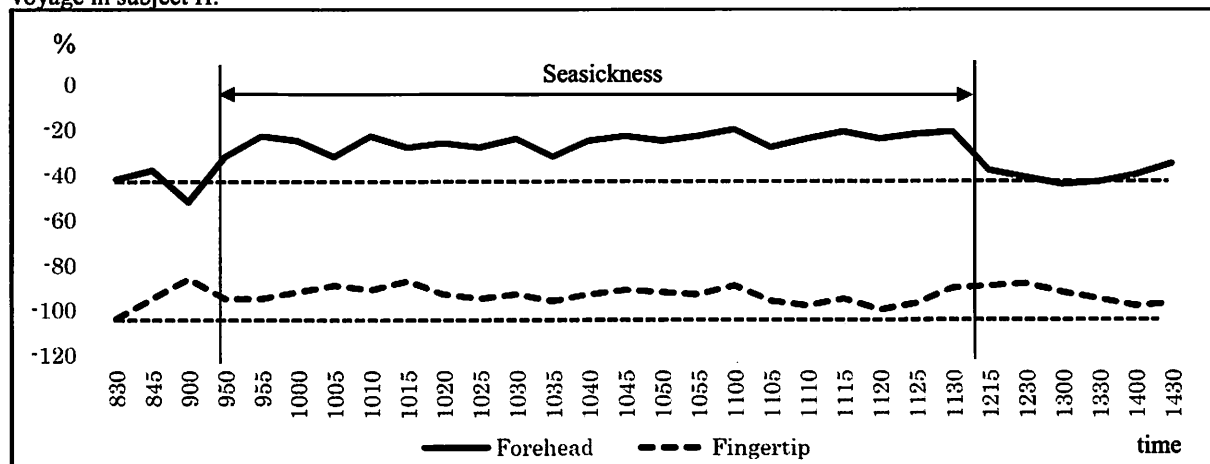


Figure 7. The time-series change of second derivative photo plethysmography (SDPG) b/a ratio during the experimental voyage in subject I.

が上昇すると、前額部、手指尖部とも、b/a 比が急激に上昇した。前額部は船酔いの自覚症状がない仮泊中から徐々に上昇し、船酔いの自覚的強度が上昇した時点(9:50)は最初の値と比して43%上昇し、その後も継続して高い値が測定された。手指尖部は船酔いの自覚的強度が上昇した地点(9:50)で急激に上昇し、最初の値と比して14%上昇したが、その後は下降し、最初の値とほぼ同値を推移した。症例I(図7)では、船酔いの自覚的強度が上昇すると、前額部、手指尖部とも b/a 比が上昇し、その後も継続して高い値が測定された。

B. 加速度脈波 c/a 比

症例 H、I ともに、船酔いの自覚的強度の変化に対して、前額部と手指尖部の加速度脈波 c/a 比に一定の変化は見られなかった。

C. 加速度脈波 d/a 比

症例 H と症例 I における前額部と手指尖部の加速度脈波 d/a 比(以下 d/a 比)の時系列変化を図8、図9に示した。

症例 H(図8)では、船酔いの自覚的強度が上昇すると、前額部、手指尖部とも、d/a 比が急激に下降した。前額部は最初の値と比して船酔いの自覚的強度が上昇した時点(9:50)は30%下降し、その後も若干の上下動はあるものの継続して低い値が測定された。また、船酔いの自覚症状が消失すると上昇傾向が見られた。手指尖部も同様に最初の値と比して船酔いの自覚的強度が上昇した時点(9:50)は25%下降し、その後も若干の上下動はあるものの継続して低い値が測定された。

症例 I(図9)では、船酔いの自覚的強度が上昇した区間は、前額部、手指尖部とも d/a 比が下降する傾

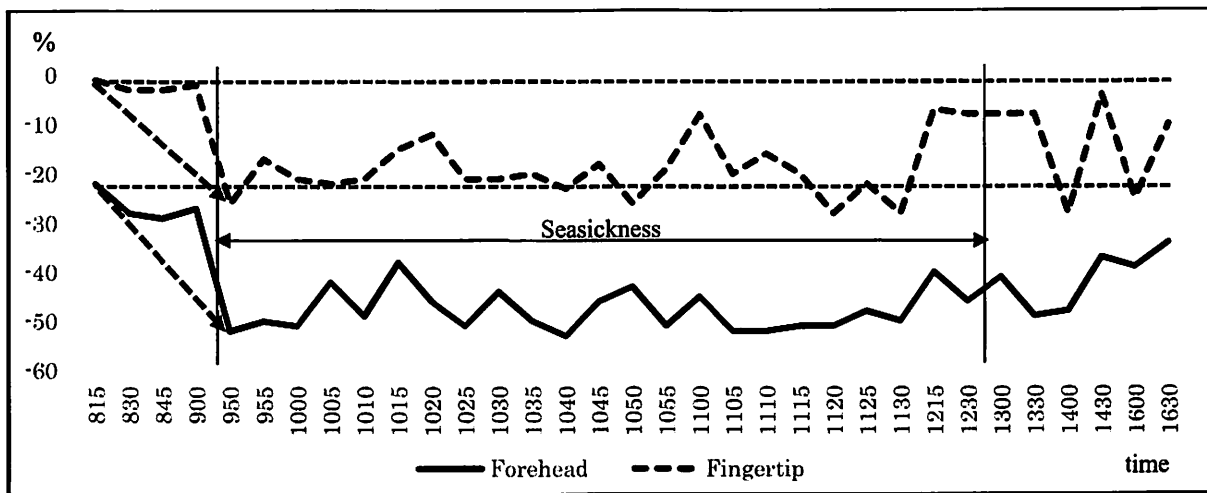


Figure 8. The time-series change of second derivative photo plethysmography (SDPG) d/a ratio during the experimental voyage in subject H.

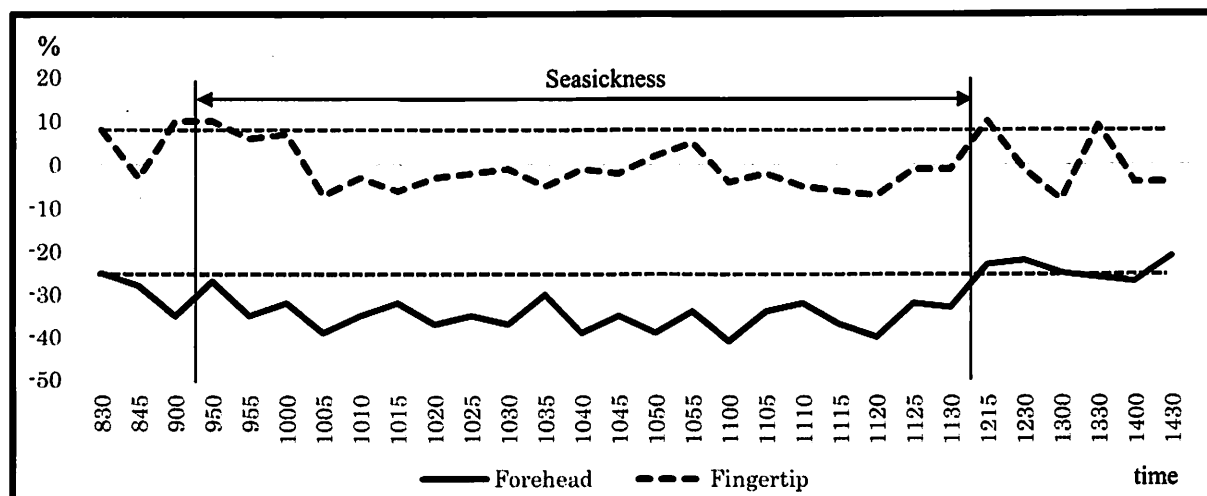


Figure 9. The time-series change of second derivative photo plethysmography (SDPG) d/a ratio during the experimental voyage in subject I.

向が見られ、前額部では船酔いの自覚症状が消失すると、最初の値まで上昇した。

D. 加速度脈波 e/a 比

症例 H、I とともに、船酔いの自覚的強度の変化に対して、前額部と手指尖部の加速度脈波 e/a 比に一定の変化は見られなかった。

E. 加速度脈波 APG Index

症例 H と症例 I における前額部と手指尖部の加速度脈波 APG Index (以下 APG Index) の時系列変化を図 10、図 11 に示した。症例 H (図 10) では、船酔いの自覚的強度が上昇すると、前額部、手指尖部とも、APG Index が急激に下降した。前額部では、船酔いの自覚症状が現れない仮泊中から徐々に下降し

た。船酔いの自覚的強度が上昇した時点 (9:50) は最初の値と比して 58% 下降し、その後も継続して低い値が測定された。手指尖部では、船酔いの自覚的強度が上昇した地点 (9:50) で APG Index が急激に下降した。最初の値と比して 40% 下降したが、その後は上昇傾向にあり、1 時間後以降は最初の値とほぼ同値を推移した。症例 I (図 11) では、船酔いの自覚的強度が上昇した区間は前額部、手指尖部とも APG Index が低い値を示した。前額部では、船酔いの自覚症状が消失すると APG Index は上昇し、船酔いの自覚症状が現れる前の値に回復した。

IV. 考 察

動揺病症状の重症度評価としては、Graybiel ら<sup>21)</sup>の提唱した基準が広く知られている。これは動揺病の

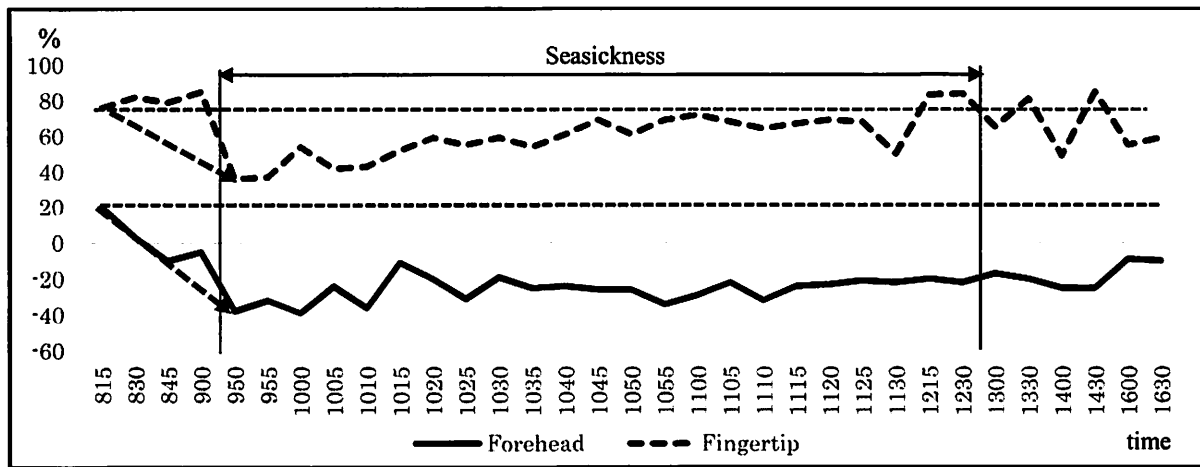


Figure 10. The time-series change of APG Index during the experimental voyage in subject H.

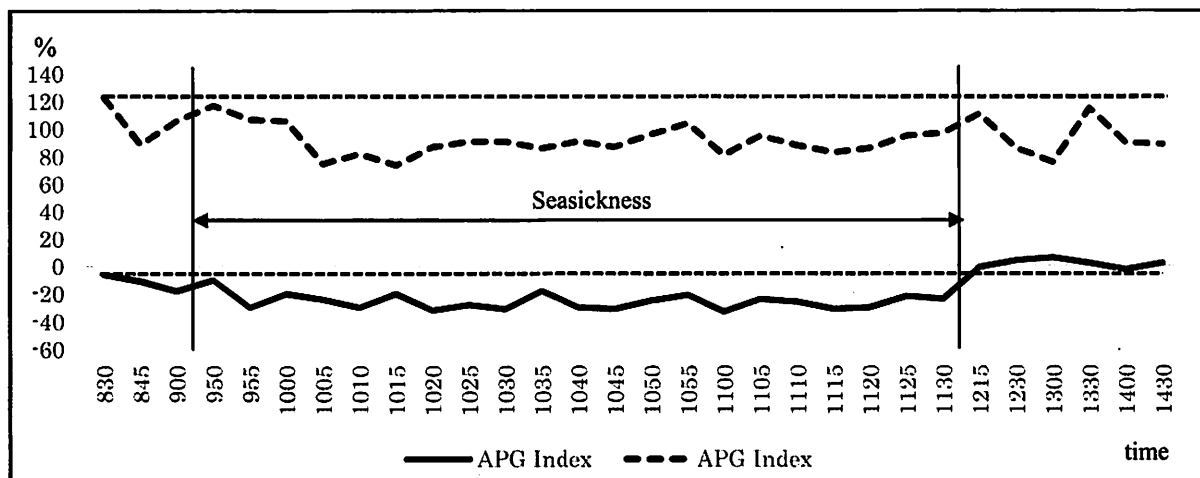


Figure 11. The time-series change of APG Index during the experimental voyage in subject I.

症状である、胃部不快感、悪心、嘔吐、冷汗、顔面蒼白、頭痛、眠気、生唾等の程度をそれぞれ点数化して、その合計点数から重症度を評価するものである。この基準は嘔吐に至らない症状を評価する方法としては優れていると思われるが、チェックする項目が多く、

その中には本人では把握しにくい顔面蒼白の程度を評価する項目もあり、自覚的評価が困難である。長期航海未経験者の航海では、船酔いが多発してほとんどの者が嘔吐に至ってしまう場合もあり、先行研究では船酔い強度のスケールとして嘔吐の有無を採用して



いるものが多い<sup>6,8,11)</sup>。しかし、船酔い症状の発生の仕方には個人差が大きく、船酔いを強く感じていない場合でも急に嘔吐に至ることもあるし、逆に船酔いで吐き気を強く感じていても嘔吐に至らないこともある<sup>7)</sup>。そこで本研究は、佐野<sup>19)</sup>らが用いた4段階法の自覚的強度スケールを船酔いの重症度の評価指標とした。

先行研究<sup>18,19,22)</sup>では、動揺病の強度と脈拍には規則性のある一定の結果が得られていなかった。一方、動揺病の強度と血圧に関しては、収縮期血圧には規則性のある関係は見られないが、船酔い強度が強いほど拡張期血圧が高くなる傾向が報告されている<sup>19)</sup>。本研究では、脈拍は2症例とも船酔いの自覚的強度が上昇している区間は自覚症状が無い区間に比べて低い値を示した。一方で血圧に関しては2症例に同様の変化は認められなかった。症例Hでは、収縮期血圧は船酔いの自覚的強度の変化に対して一定の変化を示さなかったが、拡張期血圧は船酔いの自覚的強度が上昇している区間は上昇傾向を示した。症例Iでは、収縮期血圧、拡張期血圧ともに、船酔いの自覚的強度が上昇すると一旦上昇し、その後下降する傾向が見られた。船酔いの強度と血圧及び脈拍の関係についてはさらなる検討が必要と思われる。

動揺病と加速度脈波との関係について佐野らは、船酔い前から嘔吐に至る強い船酔いの経過観察を行い、船酔いが強くなるほど、手指尖部加速度脈波のb/a比が上昇、d/a比およびAPG Indexが低下し、嘔吐後にはそれらの指数に回復がみられることを報告している<sup>18,19)</sup>。本研究では、手指尖部に加え前額部の加速度脈波と動揺病の関係について検討した。その結果、2症例とも、変化の度合いに若干の違いが見られるものの、船酔いの自覚的強度が上昇すると前額部及び手指尖部のb/a比が上昇、d/a比が下降、そしてAPG Indexが下降する傾向が見られた。このことは、先行研究と同様に手指尖部加速度脈波が動揺病の評価指標として有効であるとともに、前額部加速度脈波も同様に動揺病の評価指標として有効である可能性を示唆するものである。前額部の加速度脈波に関しては、これまで年齢との関係が検討されており、手指尖部と同様に加齢によりb/a比が上昇、d/a比及びAPG Indexが低下することが明らかにされている<sup>20)</sup>。本研究の結果は、前額部の加速度脈波は動揺病の重症度が増すほど加齢に伴う変化と同様の変化を示し、一過性に加速度脈波が悪化した反応と捉えることができる。この一過性の変化は、測定部位の血液含有量と深く関係し、血液含有量が増したときに若者の方向に変化し、血液含有量が減ったときに高齢者の方向に悪化する<sup>19)</sup>。ゆえに、この変化は前額部の血液含有量が少なくなった反応として捉えることができる。先行研究では、動揺病の発生により末梢循環が低下し、特に頭の皮膚循環が低下したとの報告がある<sup>22,23)</sup>。一方、動揺病の発生で筋血流が増大したとの報告<sup>22-25)</sup>がある。これは動揺病が発生し、顔面蒼白による皮膚血液含有量の低下により、

その血液が筋にシフトした結果と考えられる。本研究の結果からみても前額部の加速度脈波が動揺病症状の一つである顔面蒼白に関係する毛細血管を中心とした末梢血管の血液含有量の低下を的確に評価していると考えられる。

前額部と手指尖部の加速度脈波の時系列変化を症例ごとに見た場合、症例Iは前額部と手指尖部の変化にさほど差は見られなかった。一方で症例Hは、前額部と手指尖部の変化に、特に測定が始まってから船酔いの自覚的強度が上昇するまでの間に異なる変化が見られた。変化が見られたb/a比、d/a比及びAPG Indexのいずれの指標も、手指尖部は自覚的強度が上昇した時に急激に変化が現れるのに対し、前額部は自覚症状が現れる前から体調が悪化する方向に徐々に変化し、最初の値に比較して自覚症状発現時の変化量が大きい傾向が見られた。このことは、前額部の加速度脈波が手指尖部と比較して感受性が高く、前額部の加速度脈波を経過観察することで船酔いを自覚する前後の船体動揺に対する生体負担度を評価できる可能性を示唆するものである。

## V. 結論

本研究は、若年男子2名(23歳と24歳)を対象に、乗船中の前額部と手指尖部の加速度脈波を、船酔い前から船酔いに至る経過について観察し、その両者の比較から船酔いの評価について検討する事を目的として以下の結果を得た。

1. 船酔いの自覚的強度が上昇すると、2症例ともに、脈拍が低下傾向を示した。
2. 船酔いの自覚的強度の変化と血圧には、2症例に規則的な関係は認められなかった。
3. 船酔いの自覚的強度が上昇すると、前額部及び手指尖部の加速度脈波は、2症例ともに、b/a比が上昇、d/a比とAPG Indexが下降する傾向を示した。
4. 加速度脈波を経過観察することにより船体動揺などによる生体負担や船酔いなどの動揺病による一過性の体調悪化を評価でき、特に手指尖部より前額部の加速度脈波がそれをより鋭敏に評価できる可能性があると考えられる。

## 引用文献

- 1) 田村祐司, 堀安高綾, 村松成司, 佐野裕司, 片岡幸雄: 船上生活における船員の作業強度に関する研究—本学練習船汐路丸での短期実験航海において—。千葉体育学研究, 16:89-95, 1993.
- 2) 長南賢司, 田村祐司, 堀安高綾, 佐野裕司, 片岡幸雄: 長期航海が船員の体組成・血圧および加速度脈波に及ぼす影響。日本航海学会論文集, 92:131-137, 1995.
- 3) Colquhoun WP.: A shipboard study of a four-crew watch keeping system. Ergonomics, 30:1341-1352, 1987.
- 4) Condon R.: Work at sea—A study of sleep and of circadian rhythms in physiological and

psychological functions in watch keepers on merchant vessels (5) - Effects of time zone crossings. *Int. Arch. Environ. Health*, 61:39-49, 1988.

5) 田村祐司, 堀安高綾, 米原健一, 長南賢司, 佐野裕司, 片岡幸雄: 日本-ハワイ間往復航海が当直船員の体組成と循環動態に及ぼす影響. *日本航海学会論文集*, 93:117-123, 1995.

6) 今枝彬郎, 中原寿喜太, 板嶋具子, 木村隆一, 鈴木三郎, 黒田隆: 船酔いの発生およびその誘因について. *神戸商船大学紀要第二類 商船・理工学編*, 32:207-218, 1984.

7) 佐野裕司, 堀安高綾, 田村祐司, 長南賢司, 片岡幸雄: 船酔いの評価に関する検討. *千葉体育学研究*, 23:25-32, 1999.

8) 今枝彬郎, 中原寿喜太, 土井昭孚, 立川光, 木村紘次郎, 浜口正人, 高島末夫: 船酔いの実践実測 2. *日本航海学会論文集*, 79:221-229, 1988.

9) 田辺行夫, 鶴田三郎, 神田寛, 後藤大三: 船の動揺加速度と動揺病発症率. *日本航海学会論文集*, 57:77-83, 1986.

10) Shupak A, Kerem D, Gordon C, et al: Vestibulo-ocular relax as a parameter of seasickness susceptibility. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 99:131-136, 1990.

11) 庄司邦昭: 汐路丸における船舶の乗り心地に関する実験. *日本航海学会論文集*, 89:91-97, 1993.

12) 木村暢夫, 甫喜本司, 天下井清: 船体運動が身体機能に与える影響について-船酔い、疲労と船体運動との関係-. *日本航海学会論文集*, 90:377-385, 1994.

13) 堀安高綾, 佐野裕司, 田村祐司, 片岡幸雄: 船員養成課程学生の乗物酔い経験調査と性差との関係. *日本体育学会第50回記念大会/体育・スポーツ関連学会連合大会大会号*, 630, 1999.

14) 花田力: 動揺病の実態に関する研究. *日本耳鼻咽喉科学会会報*, 69(5):950-978, 1966.

15) 佐野裕司, 片岡幸雄, 生山 匡, 和田光明, 今野廣隆, 川村協平, 渡辺 剛, 西田明子, 小山内博: 加速度脈波による血液循環の評価とその応用. *労働科学*, 61(3):129-143, 1985.

16) Sano Yuji, Kataoka Yukio, Ikuyama Tadashi, Wada Mitsuki, Imano Hirotaka, Kawamura Kyohei, Watanabe Tsuyoshi, Nishida Akiko and Osanai Hiroshi: Evaluation of peripheral circulation with accelerated plethysmography and its practical application. *Bulletin of the Physical Fitness Research Institute*, 63:1-13, 1986.

17) 佐野裕司, 片岡幸雄, 生山 匡, 和田光明, 今野廣隆, 川村協平, 渡辺 剛, 西田明子, 小山内博: 加速度脈波による血液循環の評価とその応用 (第2報) -波型の定量化の試み. *体力研究*, 68:17-25, 1988.

18) 佐野裕司, 庄司邦昭, 片岡幸雄: 船酔いと加速度脈波との関係-中高年者2症例の検討-. *第25回加速度脈波・脈波研究会講演論文集*, 93:59-62, 1988.

19) 佐野裕司: 手指尖部の加速度脈波に及ぼす船酔いの影響. *スポーツ整復療法学研究*, 3(3):183-192, 2002.

20) 佐野裕司, 片岡幸雄, 長谷部騰: 近赤外光拡散透過式センサーによる前額部と手指尖部の加速度脈波の比較. *スポーツ整復療法学研究*, 2(3):193-200, 2001.

21) Graybiel A, Wood CD, Miller II EF, et al: Diagnostic criteria of grading the severity of acute motion sickness. *Aerospace Med*, 39:453-455, 1968.

22) Money KE: Motion sickness. *Physiological Reviews*, 50:1-39, 1970.

23) Varbaronv RA: Some vascular reactions in man related to Coriolis acceleration. *Izv. Akad. Nauk SSSR. Ser. Biol.*, 1:18-22, 1965.

24) SINHA R: Respiratory and blood-flow changes resulting from vestibular stimulation. *Proc. Can. Fed. Biol. Soc.*, 7:15, 1964.

25) SINHA R: Effect of vestibular Coriolis reaction on respiration and blood-flow change in man. *Aerospace Med.*, 39:837-844, 1968.