

## HORN 吹奏時における口腔内圧と呼出速度の関係

世川 望\*・守山光三\*\*・菅田真理\*\*\*・津山 薫\*\*\*\*・清田 寛\*\*\*\*

(2003年5月26日受付, 2003年8月4日受理)

### The Relationship between Intra-Oral Pressure and Flow-Velocity in Horn Playing

Nozomu SEGAWA, Kozo MORIYAMA, Mari SUGETA,  
Kaoru TSUYAMA and Hiroshi KIYOTA

The purpose of this study was to investigate the relationship between intra-oral pressure and flow-velocity while playing the horn. A transducer and systems developed by DIAMEDICAL Co., Ltd. were used to measure the pressure and velocity of the horn being played by seven professional wind instrument players in a sitting position. Measurements of a one octave scale played with varying dynamics *p* (piano), *mf* (mezzo forte) and *f* (forte) at a constant tempo of 80 fr/minute, were recorded.

The intra-oral pressure and the flow-velocity resulted as follows: Maximum intra-oral pressure registered the highest when playing in *f*, followed in decreasing order of pressure in *mf* and *p*. The intra-oral pressure was found to increase as the scale ascended one octave in all the three dynamics. In contrast the pressure decreased as the scale descended. Maximum flow-velocity also registered the highest when playing in *f*, followed in decreasing order of volume in *mf* and *p*. The flow-velocity for playing in *mf* and *f* decreased as the scale ascended one octave. In contrast, the flow-velocity increased for the opposite case. However, this tendency was not observed for *p*. The clearest relationship between the maximum intra-oral pressure and the maximum flow-velocity was for *mf* ( $r=0.855$ ), followed by *f* ( $r=0.759$ ), and finally *p* ( $r=0.389$ ).

Therefore, this study proved that opposite tendencies were observed between the maximum intra-oral pressure and the maximum flow velocity for playing in *f* and *mf*. However, such a relationship was not observed when playing the horn in *p*.

**Key words:** Horn, Intra-oral pressure, Flow-velocity

キーワード: ホルン, 口腔内圧, 呼出速度

#### 1. 目 的

金管楽器の吹奏能力は, シングルリードの木管楽器におけるリガチャー (リードをマウスピースに固定するもの) のような役割に相当する歯並び, 口腔周辺の軟部組織の形状およびその機能に大きく影響されており, 吹奏経験者であれば共通の認識として捉えられている。これまでは発育期から吹奏楽器

に取り組むことで口腔の歯を支えている骨格や顔面が形態変化を起こすとの報告<sup>2)</sup>や機能的な変化の研究<sup>1~7)</sup>が知られている。その中でも Fuhmannら<sup>6)</sup>は, ZURUNA を用いて口腔周辺のマウスピースによる口腔内圧を測定し, その結果が 20~28 mmHg であったとの報告もある。吹奏音は, 唇で振動をつくり, さらに咽頭部での総合的な音加工を経て楽器

\* 日本体育大学芸術研究室, \*\* 東京芸術大学, \*\*\* 早稲田大学大学院, \*\*\*\* 発育発達研究室

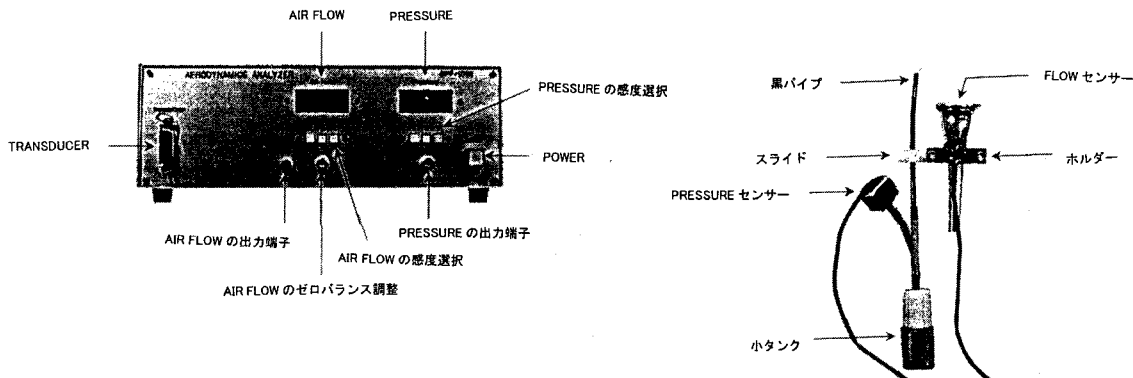


Photo of AERODYNAMICS ANALYZER-DEVICE

[The photo on the left shows the airflow and intra-oral pressure transducer and the photo on the right shows the sensor which is connected to the transducer.]

に伝導されたものと考えられているが、口腔内の軟構造やその動的機能の関与については、まだ検討の余地があると思われる。

そこで今回の研究は、ホルンでの口腔内の圧変動と呼出速度との関係について比較・検討することを目的とした。

## 2. 対象および方法

**A. 被験者は、既往歴のない健康なプロのホルン奏者7名であった。その内訳は、ホルン男子奏者が4名(身長: 162.2~171.6 cm, 体重: 67.2~90.2 kg, 年齢: 30~43歳, ホルン歴: 18~29年), ホルン女子奏者3名(身長: 154.3~162.1 cm, 体重: 53.3~59.0 kg, 年齢: 27~34歳, ホルン歴: 12~19年)であった。**

### B. 測定方法

#### ①ホルン吹奏の条件

測定はパックスマン社製(Model: 23M)のホルン、エンゲルベルト・シュミット製(No. 8)のマウスピースを用いて座位で行った。テンポはメトロノームを80 fr/minにあわせて、ハ長調の音階1オクターブの上、下行形(ドレミファソラシド、ドシラソファミレド)を、それぞれの音を3拍分伸ばし1拍分プレスした。音の強さは、メゾフォルテ(mezzo forte: *mf*), フォルテ(forte: *f*), ピアノ(piano: *p*)の3段階を用い、この順番に吹いた。この間は3~5分の休息を挟んで3サイクル行い、各個人の3回の平均値を算出し、7名分の平均値を求めた。今回はあえて音圧計で音の強さを設定せずに

計測した。これは *mf* を、それぞれの被験者が日常、一番楽に練習している音の強さとし、*p* はそれより弱く、*f* は強く想定したことによる。

#### ②口腔内圧と呼出速度の測定

口腔内圧(mmHg)は、写真1で示すように機器(ダイヤモンドシステム社製)を用いた。この機器はこの実験に際して特別に試作したものであり、口腔内圧と呼出速度の検出ができる。口腔内圧は、図中の黒パイプを口腔内に挿入し、左口唇にテープで固定した。口腔内の圧変化は、黒パイプから半導体による高感度圧センサーを介して、AERODYNAMIC ANALYZER DDP-1050に誘導・増幅される。増幅された圧変化は、データレコーダ(TEAC, AR509 GP-IB)に記憶しながら、同時にペンレコーダ(レクチコーダ、日本電気三栄社製)に記録した。

呼出速度(cc/sec)は、半導体ストレインゲージをマウスピース内に装着した機器を用い、呼気による圧変化を検出した。呼気による圧変化は、AERODYNAMIC ANALYZER DDP-1050に誘導・増幅される。増幅された圧変化は、データレコーダ(TEAC, AR509 GP-IB)に記憶しながら、同時にペンレコーダ(レクチコーダ、日本電気三栄社製)に記録した(Fig. 1)。

#### ③口腔内圧と呼出速度の分析

ペンレコーダに記録された口腔内圧と呼出速度は、デジタル式ノギスを用いて、計測した。口腔内圧と呼出量は、基準値(0レベル)からピークまでの距離を計測し、それぞれの校正曲線を基に換算した。

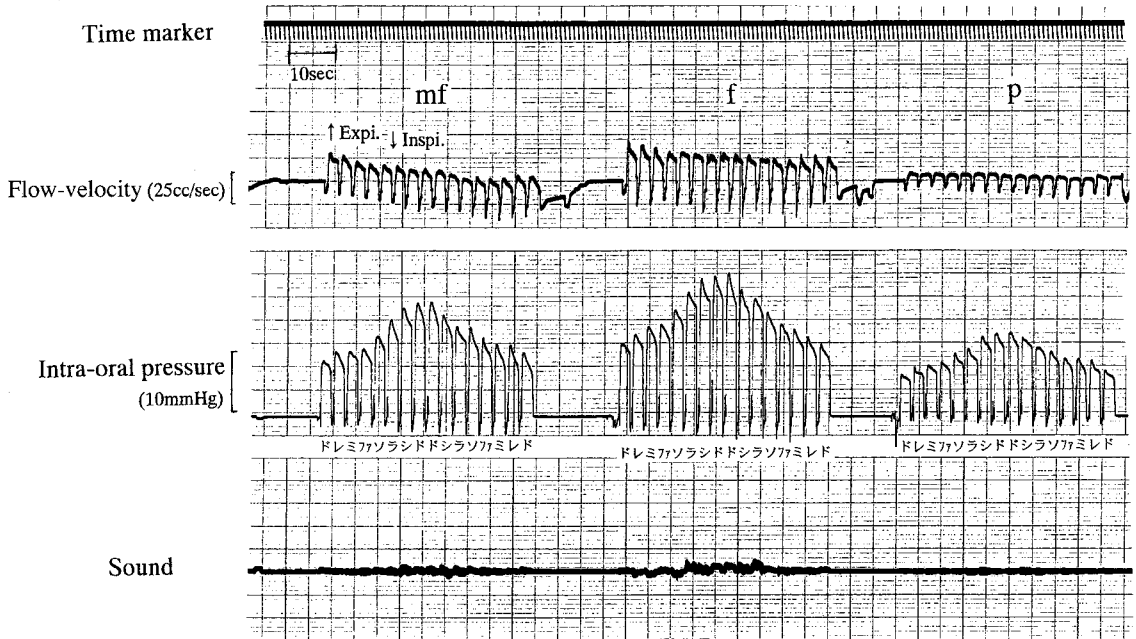


Fig. 1. Typical experimental data (Sub. Doyama)

Upper trace shows flow-velocity.

Middle trace shows intra-oral pressure.

Bottom trace shows sound.

*mf*: mezzo forte

*f*: forte

*p*: piano

### C. 統計処理

ホルンにおいては性差に関係なく演奏が行われるために、プロの男女ホルン奏者を一緒にして、Excel 2000 を用いて平均値および標準誤差を求めた。また相関係数は、5%未満を有意とした。

### 3. 結果

吹奏時におけるプロのホルン奏者の最大口腔内圧および最大呼出速度の平均値と標準誤差を Table 1 に示した。

#### A. 種々な条件下におけるホルン吹奏時の最大口腔内圧の比較

種々な音の強さによる吹奏時の最大口腔内圧は、各音階において *f* が 11.28~23.76 mmHg, *mf* が 8.23~15.9 mmHg, *p* が 6.69~12.35 mmHg の範囲にあり、*f*, *mf*, *p* の順に小さくなる傾向を示した。また最大口腔内圧を基準化した相対値（基準値は1オクターブ上の「ド」とした）を Fig. 2 に示した。

いずれの条件においても、最初の「ド」から1オクターブ上の「ド」になるに連れ最大口腔内圧は大きくなり、これとは反対に1オクターブ上の「ド」から最初の「ド」になるに連れ小さくなった。

#### B. 種々な条件下におけるホルン吹奏時の最大呼出速度の比較

種々な音の強さによる吹奏時の最大呼出速度は、各音階においても *f* が 63.53~53.93 cc/sec, *mf* が 46.55~37.14 cc/sec, *p* が 29.51~23.78 cc/sec の範囲にあり、*f*, *mf*, *p* の順に小さくなる傾向を示した。また最大呼出速度を基準化した相対値（基準値は1オクターブ上の「ド」とした）を Fig. 3 に示した。*mf*, *f* とともに、最初の「ド」から1オクターブ上の「ド」になるに連れ最大呼出速度は小さくなり、これとは反対に1オクターブ上の「ド」から最初の「ド」になるに連れ大きくなった。しかし *p* については、規則性が観察されなかった。

Table 1. Mean and standard error (SE) values for peak intra-oral pressure and peak flow-velocity during HORN playing.

			ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ	ド	シ	ラ	ソ	ファ	ミ	レ	ド
Peak intra-oral pressure (mmHg)	<i>p</i>	Mean	6.7	7.4	8.2	8.3	9.8	10.9	12.2	12.4	12.1	10.9	10.0	9.0	8.4	8.1	6.9
		SE	0.47	0.49	0.56	0.54	0.92	0.82	1.04	1.13	0.98	0.91	0.91	0.76	0.58	0.62	0.51
	<i>mf</i>	Mean	8.2	9.7	10.5	11.1	12.8	13.8	15.3	15.9	15.0	13.6	12.8	11.4	10.8	10.3	9.4
		SE	0.73	0.96	0.86	0.98	1.39	1.22	1.42	1.41	1.30	1.23	1.28	1.18	1.13	1.12	0.97
	<i>f</i>	Mean	11.3	13.6	15.9	16.8	18.7	20.8	22.7	23.8	22.5	20.5	18.8	16.8	16.1	14.6	13.1
		SE	0.71	1.01	1.32	1.41	1.57	1.81	1.88	1.79	1.62	1.51	1.40	1.25	1.07	1.12	0.86
Peak flow-velocity (cc/sec)	<i>p</i>	Mean	29.4	24.9	23.8	25.1	25.5	25.9	25.6	25.8	26.1	25.6	26.8	29.1	27.2	29.5	28.6
		SE	1.46	2.13	2.35	2.00	2.04	1.81	2.09	1.76	2.42	2.35	2.61	2.64	2.60	2.34	1.76
	<i>mf</i>	Mean	46.5	44.3	43.2	42.9	43.0	40.0	39.3	37.8	37.4	37.1	39.2	39.7	39.9	44.2	44.4
		SE	3.70	4.26	2.88	2.54	3.17	3.11	3.42	3.07	3.81	3.27	3.10	3.34	2.22	3.94	3.04
	<i>f</i>	Mean	63.5	65.0	66.5	65.6	64.2	60.8	57.7	53.9	53.6	61.0	60.8	59.0	60.5	62.9	64.5
		SE	5.15	5.91	5.42	5.44	5.16	4.01	4.57	5.02	6.15	5.89	4.81	4.14	4.39	5.17	6.14

*p*: piano, *mf*: mezzo forte, *f*: forte

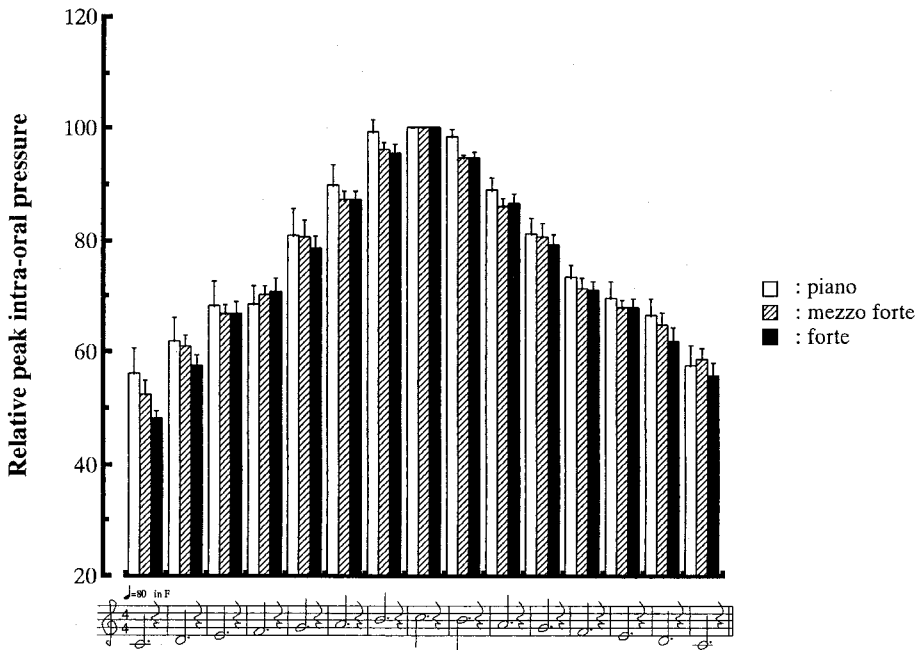


Fig. 2. Comparison of relative peak intra-oral pressure at various intensities (piano: □, mezzo forte: ▨, forte: ■) during HORN playing.

C. 種々な条件下におけるホルン吹奏時の最大口腔内圧と最大呼出速度の関係

種々な音の強さにおける演奏時の最大口腔内圧と最大呼出速度の関係を、Fig. 4 に示した。

種々な条件下における演奏時の両者の相関係数

は、*mf* が最も大きく有意な相関関係 ( $r=0.855, p<0.001$ ) が認められ、ついで *f* ( $r=0.759, p<0.001$ ), *p* ( $r=0.389, p>0.1$ ) の順に低値を示した。

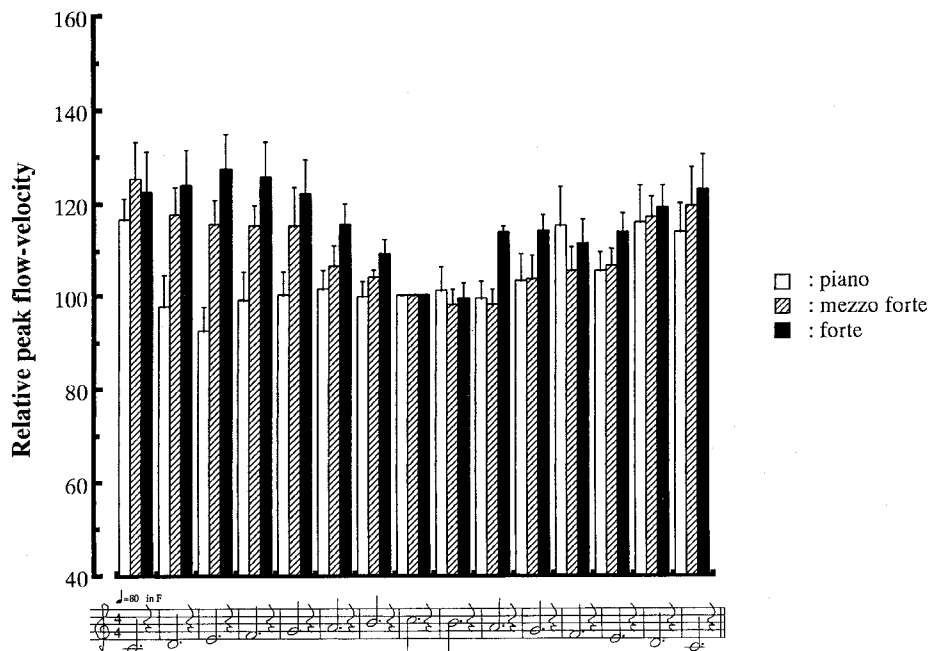


Fig. 3. Comparison of relative peak flow-velocity at various intensities (piano: □, mezzo forte: ▨, forte: ■) during HORN playing.

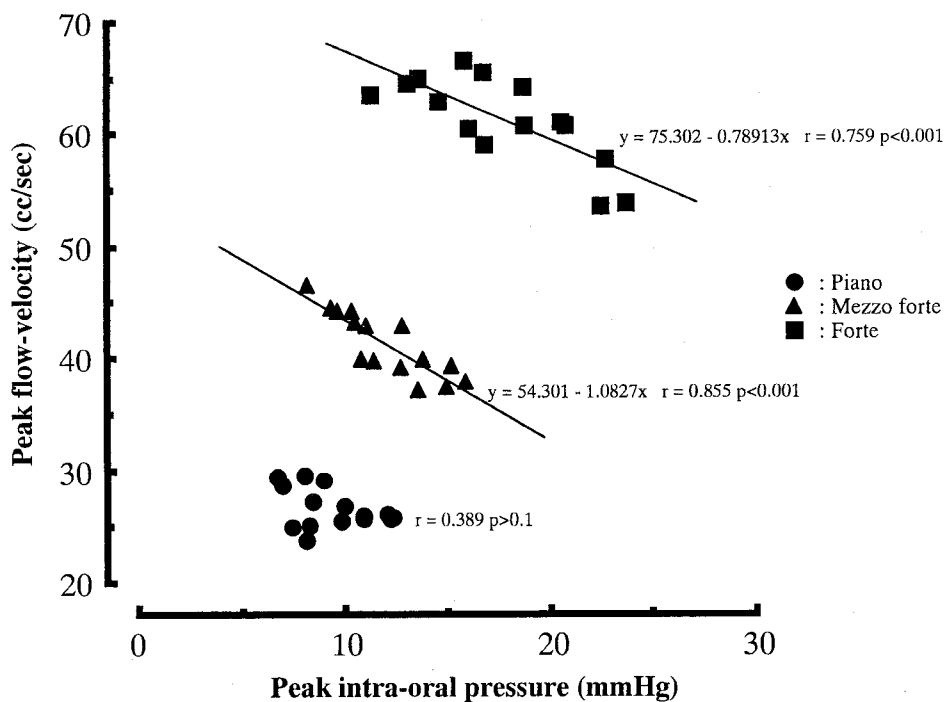


Fig. 4. Relationship between peak intra-oral pressure and peak flow-velocity at various intensities during HORN playing.

#### 4. 考 察

ホルンは、管長が約 3.5 m もあり、金管楽器の中でも長い楽器に属する。また楽器の形状により音色も変化することは言うまでもない。今回我々が用いた装置は、共同開発した機器であり、この方面に関する研究はほとんど見当たらない。したがって今回はホルンに関する基礎的研究として行われたものであり、得られた結果に対する考察は以下のとおりである。

##### 1. 吹奏時における音の強さが口腔内圧に与える影響

吹奏時における音の強さと口腔内圧の関係は、いずれの音の強さであっても、音域が高くなるにつれ口腔内圧も高まっていくことが観察された。金管楽器を吹奏する際、音域が高くなるに従い、腹部周辺における筋群の作用で腹圧が高まる。また口輪筋の微妙なバランス<sup>6)</sup>で作られる唇のアパチュア<sup>8,9)</sup>が小さくなるので、口腔内圧も高まることが示唆されている。*mf* の場合、音階吹奏時の口腔内圧変化は、きれいな山型を描いており、上行、下行ともに規則性が観察された。この結果は奏者が一番吹きやすい音の強さであることが口腔内圧変化を安定させたものと推察される。また *p* の場合、緩やかな山型を保ちながらばらつきが目立つのは、3 種類の音の強さの中でも、技術的に一番難易度の高いことが推察された。また *p* 吹奏時における最初の音の圧力が高いのは、奏法上あらかじめ腹圧を高めてから吹奏することに起因しているものと考えられる。このことは吹奏する以前に頭の中で音量想定するのが、*p* の場合難しいことが示唆された。音階における上行、下行で同じ音を吹いたときの口腔内圧は、いずれの音の強さにおいても、音階中間の「ソ」の音でほぼ同値を示し、それより上の音域では上行時の圧力が高く、それ以下の音域では下行時が高かった。この結果は、以下の項目で経験に基づく感覚的な指導の注意点とはほぼ一致した。

- 上行時において音が高くなるに従い、音程が上ずる。
- 「シ」の音は導音なので音程を高めを設定する。
- 下行時は純正調で中音域に入ると音程を高く感じるので、「ソ」の音より下の音域では音色感で修正する。

##### 2. 吹奏時における音の強さが呼出速度に与える影響

吹奏時における音の強さに対する呼出速度は、*f*、*mf* で口腔内圧とは逆の山型となった。これについては吹奏の際、音域が高くなるにつれ、呼出速度は小さくなることが示唆された。

さらに *p* においては、高音域で殆ど呼出速度に規則性が観察されず、このことから *p* は呼出における強弱が困難であることが示唆された。

##### 3. ホルン吹奏時における音の強さと口腔内圧、呼出速度の相互作用

音の強さに対する *p*、*mf*、*f* の関係は、口腔内圧も呼出速度も音が強くなるほど高値を示した。実際の吹奏時には、音を強く吹くために強制的に呼出量を増やすので、今回の結果により両者には密接な関係のあることが示唆された。したがって吹奏時には、マウスピースのリム（唇にあたるリング部分、約 18 mm）からボア（カップが絞込まれた穴、約 4.2 mm）にかけて一気に空気を出し、そこで口腔周辺において強い抵抗が生じ、その結果、腹部内圧と口腔内圧を高めているものと考えられる。また口腔内圧は、音域が高くなると増大し、呼出速度は低下となり、音域が低くなると両者の関係は逆の結果になった。

#### 5. ま と め

プロのホルン奏者 7 名を対象に吹奏時における最大口腔内圧、最大呼出速度については、以下のようによにまとめることができた。

1. 最大口腔内圧は、各音階においても *f* が高値を示し、ついで *mf*、*p* の順に低値を示した。いずれの条件下においても、最初の「ド」から 1 オクターブ上の「ド」になるに従い最大口腔内圧は大きくなり、これとは反対に 1 オクターブ上の「ド」から最初の「ド」になるに従い小さくなる傾向を示した。

2. 最大呼出速度は、各音階においても *f* が高値を示し、ついで *mf*、*p* の順に低値を示した。*mf*、*f* は、最初の「ド」から 1 オクターブ上の「ド」になるに従い最大呼出速度は小さくなり、これとは反対に 1 オクターブ上の「ド」から最初の「ド」になるに従い大きくなる傾向を示したが、*p* については、規則性が観察されなかった。

3. 最大口腔内圧と最大呼出速度の関係は, *mf* が最も大きく ( $r=0.855$ ), 次いで *f* ( $r=0.759$ ), *p* ( $r=0.389$ ) の順であった。

したがって, 今回の研究により, 最大口腔内圧と最大呼出速度とは *f*, *mf* については相反するような傾向にあったが, *p* についてはその傾向が認められなかった。

#### 謝 辞

今回の研究は, 平成 14 年度特別・教育研究費の助成によりなされた。関係者の方々に心より感謝の意を表したい。

#### 参考文献

- 1) Akgun, N. and Ozgonul, H.: Lung Volumes in Wind Instrument (ZURNA) Players. *Am. Rev. Respir. Dis.*, **96**, 946-951, 1967.
- 2) Brattstrom, V., Odenrick, L. and Kvam, E.: Dentofacial morphology in children playing musical wind instruments: A longitudinal study. *Eur. J. Orthodontics*, **11**, 179-185, 1989.
- 3) Cugell, D. W.: Interaction of chest wall and abdominal muscles in wind instrument players. *Cleve. Clin. Q.*, **53**, 15-20, 1986.
- 4) Engelman, J. A.: Measurement of perioral pressures during playing of musical wind instruments. *Am. J. Orthodontics*, **51**, 856-864, 1965.
- 5) Fiz, J. A., Aguilar, J., Carreras, A., Teixido, A., Haro, M., Rodenstein, D. O. and Morera, J.: Maximum respiratory pressure in trumpet players. *CHEST*, **104** (4), 1203-1204, 1993.
- 6) Fuhrmann, S., Schupbach, A., Thuer, U. and Ingerval, B.: Nutual lip function in wind instrument players. *Eur. J. Orthodontics*, **9**, 216-223, 1987.
- 7) Mehnert, D., Koch, E., Paufler, D. and Schewe, M.: Elektromyographische Untersuchungen der Muskelaktivität bei Bläsern. *Elektromyographie Aus- und Weiterbildung Musikpädagogik Bläser*, **29**: 209-214, 1983.
- 8) Philip Farkas (守山光三訳): The art of French Horn playing (フレンチ・ホルン演奏技法), p. 28, 全音楽譜音楽出版社, 1956.
- 9) Philip Farkas (伊藤 清他訳): The art of Brass playing (金管楽器を吹く人のために), pp. 43-49, パイパーズグループ発行, 1962.