

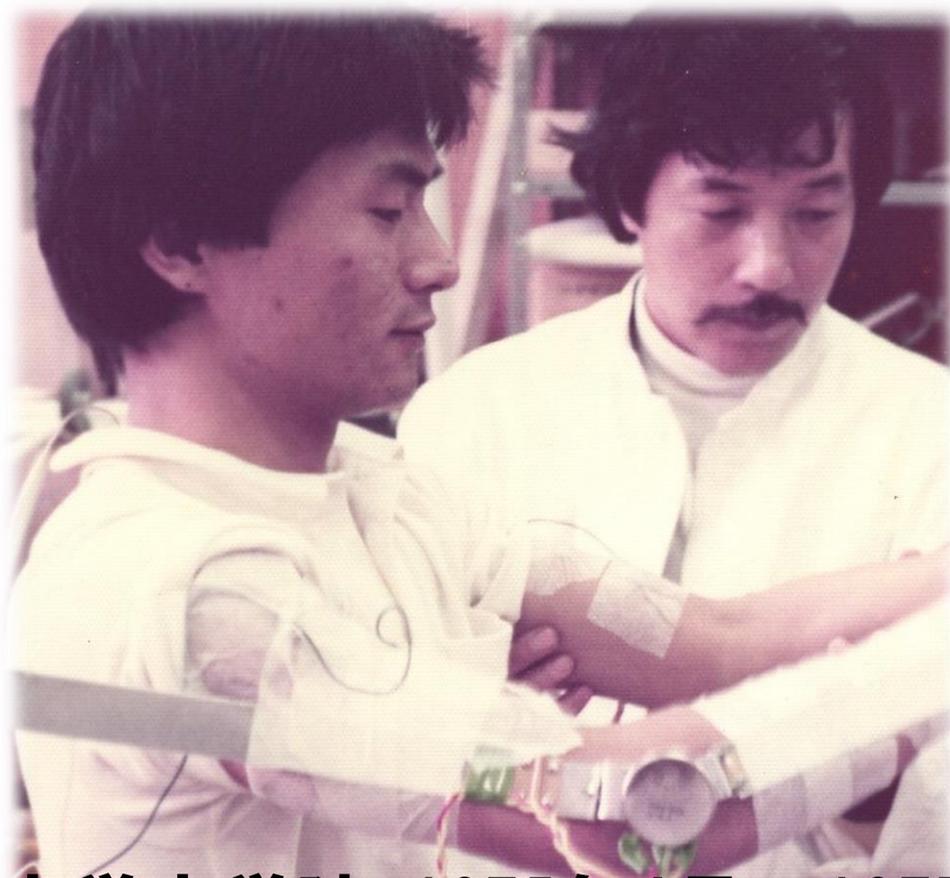
# 私の身体運動学研究の取組み

～アナログからデジタルへ～



国士舘大学体育学部  
角田 直也

# 私の研究活動のスタート



中京大学大学院 1975年4月～1977年3月

## 修士論文のテーマを与えてくれた先生方

中京大学大学院運動生理学研究室



主任教授  
朝比奈一男先生



福永哲夫先生

湯浅景元先生

## 研究チーム編成の重要性を知る



カナダ・ケベック 1976年



体力医学会 伊勢 1975年

# 日本体育学会東海支部会 (1976年)

## 手書きの発表抄録

### 自転車エルゴメーター作業中の呼吸循環機能におよぼす 作業姿勢の影響

○角田直也 朝比奈一男 湯浅学元 藤松博 福永徳次  
(中京大学) ( ) ( ) ( ) ( )

#### 【目的】

有酸素的作業に伴う呼吸循環機能の応答は、作業様式及び作業に参加する筋量によって変化する。本研究では、自転車エルゴメーターを用いて、座位姿勢、仰臥位姿勢、下肢挙上姿勢の3姿勢について最大及び最大下作業を行ない、作業姿勢が全体の呼吸循環機能の応答に与える影響を明らかにしようとするものである。

#### 【方法】

被検者は健康な成人男子10名(20~33才)である。負荷設定はモータ駆動自転車エルゴメーターにより座位姿勢、仰臥位姿勢、下肢挙上姿勢のそれぞれについて、初期負荷の360rpm/minより2分毎に180rpm/minづつ増加して行く負荷漸増法による最大作業を行なわせた。また、最大下作業として座位姿勢については360、720、1080rpm/min、仰臥位姿勢及び下肢挙上姿勢については360、540、720rpm/minの各負荷で5分間の作業を行なわせた。回転数は260rpmで行なった。呼吸気はガスアナライザーにより採集し、シヨウダンゲージ流量ガス分析器によりO<sub>2</sub>およびCO<sub>2</sub>濃度を分析した。心拍数は胸部双極誘導法により記録されたR-R間隔より算出した。血圧はRiva Rocci型血圧計により測定した。肺機能の測定はフクダ製スパイロメーターにより行なった。

#### 【結果】

表1はそれぞれの作業姿勢における各測定値の最大値を示したものである。

Exhaustion Time についてみると座位姿勢を100%とした場合仰臥位姿勢では76.0%、下肢挙上姿勢では72.8%といずれも座位姿勢よりも有意に低い値を示した(P<0.001)。

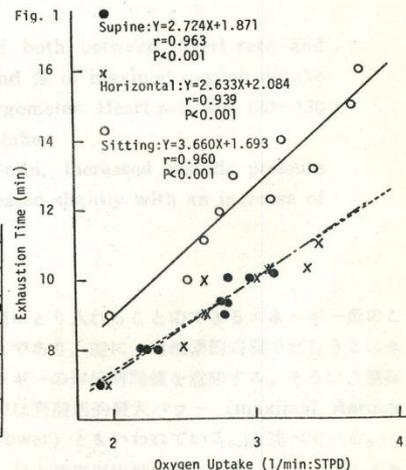
	SITTING	HORIZONTAL	SUPINE
$\dot{V}O_{2max}$ (l/min)	3.00±0.44	2.84±0.43	2.62±0.33
Max. HR (beats/min)	189.6±11.3	185.0±13.7	177.1±13.4
Max. $\dot{V}E$ (l/min.)	149.04±18.63	134.58±28.16	121.45±24.90
Max. $\dot{V}T$ (l/min.)	2.53±0.21	2.16±0.45	2.24±0.33
Blood Pressure (S) (mmHg)	193.9±15.1	197.0±16.8	201.6±13.4
	97.2±11.8	96.0±13.4	96.3±12.8
Exhaustion Time (min.)	12.6±2.0	9.6±1.2	8.9±1.0

$\dot{V}O_{2max}$  についても Exhaustion Time と同様に関係に仰臥位姿勢では94.7%、下肢挙上姿勢では87.7%と座位姿勢よりも低い値を示した。座位姿勢と下肢挙上姿勢との間には統計的に有意な差が認められなかった(P<0.01)。

最高心拍数は座位姿勢と仰臥位姿勢との間に有意な差はみられなかったが下肢挙上姿勢では93.4%と有意に低い値を示した(P<0.01)。最大換気量については仰臥位姿勢では90.3%と低い値を示したがその差は統計的には有意ではなかった。下肢挙上姿勢では81.5%でありこの差は1%水準で統計的に有意であった。

図1は各作業姿勢における $\dot{V}O_{2max}$ とExhaustion Timeとの関係を示したものである。いずれの姿勢においても両者の間には高い正の相関関係がみられた。又同じ $\dot{V}O_{2max}$ におけるExhaustion Timeは、座位姿勢よりも下肢挙上姿勢および仰臥位姿勢の方がはるかに低い値を示した。

次に最大下作業における機械的効率についてみると360rpm/minではいずれの姿勢においてもほぼ23%であり各姿勢間には差は認められなかったが720rpm/minでは座位姿勢は20.0%、仰臥位姿勢は19.5%、下肢挙上姿勢は18.7%と座位姿勢が最も高い値を示し、下肢挙上姿勢の最も低い値を示した。



# 修士論文（1977年）

有酸素的作業能に及ぼす  
作業姿勢の影響と  
そのトレーニング効果

中京大学大学院  
体育学研究科  
体力学講座

角田 直也

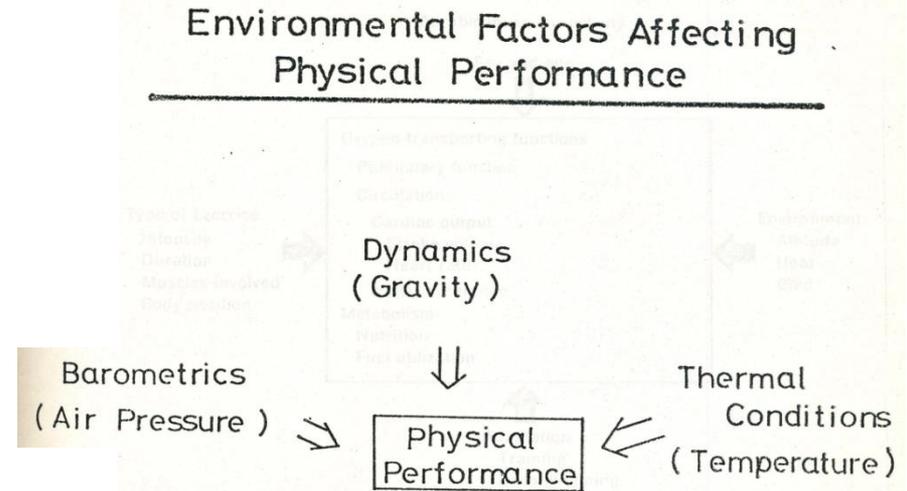


図1 生体に及ぼす環境条件  
(大島より 著者作図)

# 方法と結果

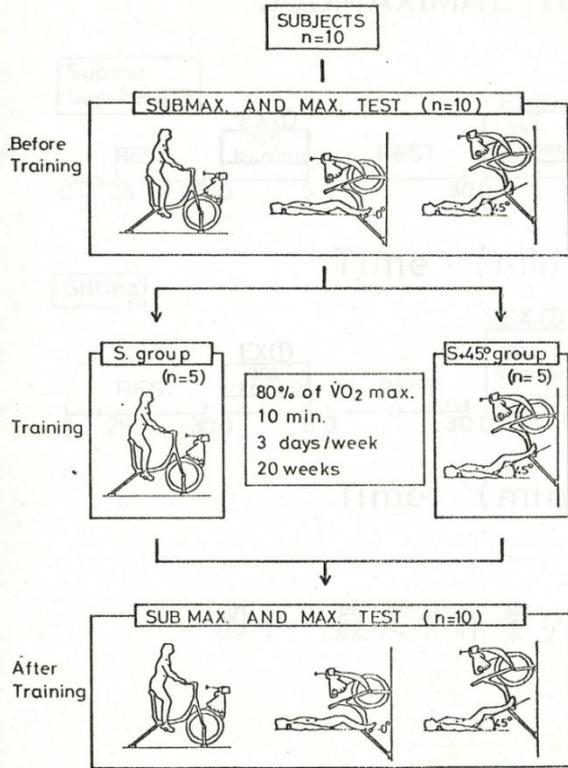


図8 最大下及び最大作業テストの手順

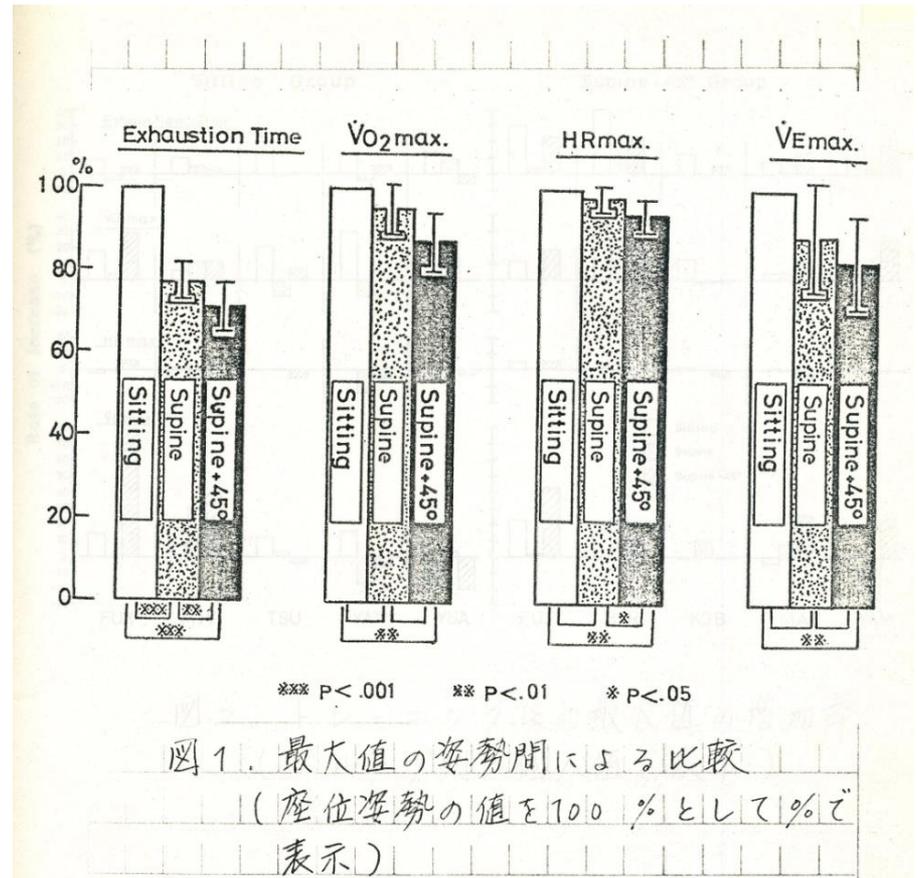


図1. 最大値の姿勢間による比較  
 (座位姿勢の値を100%として%で表示)

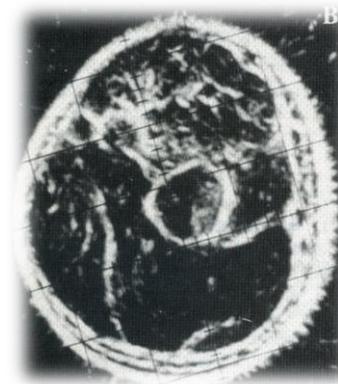
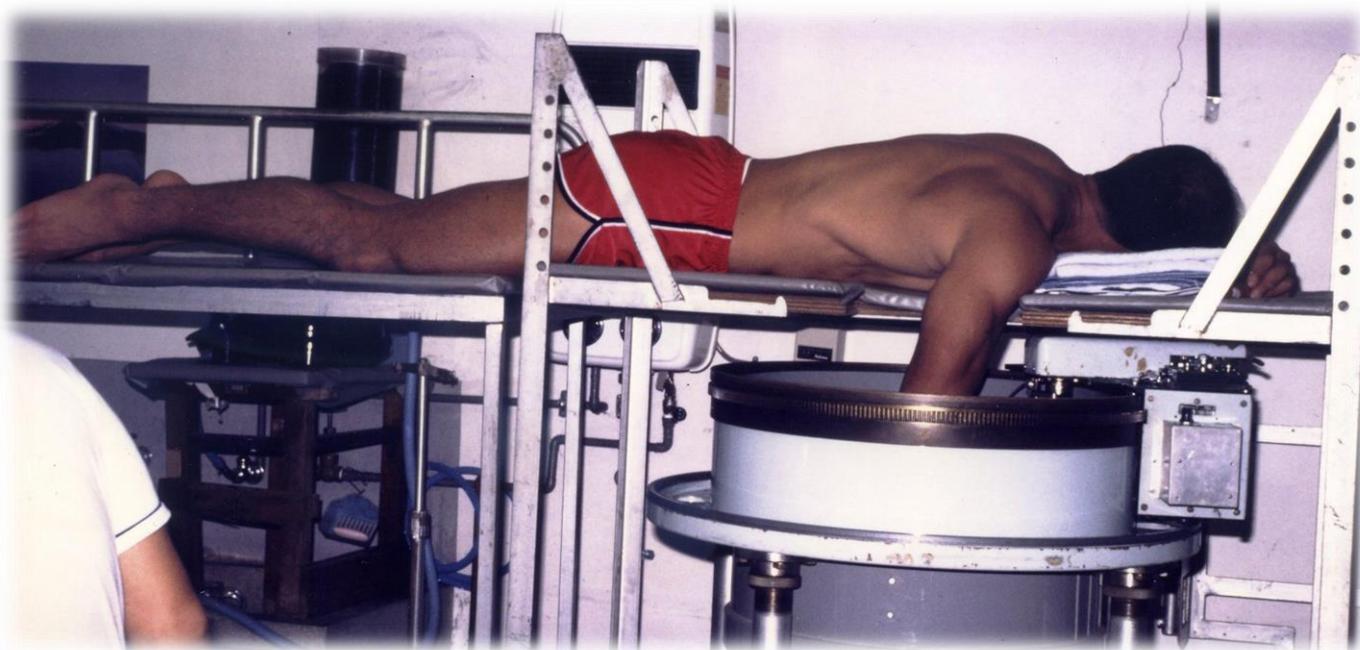
## 国士館大学体育学部に助手として奉職（1977年4月～）



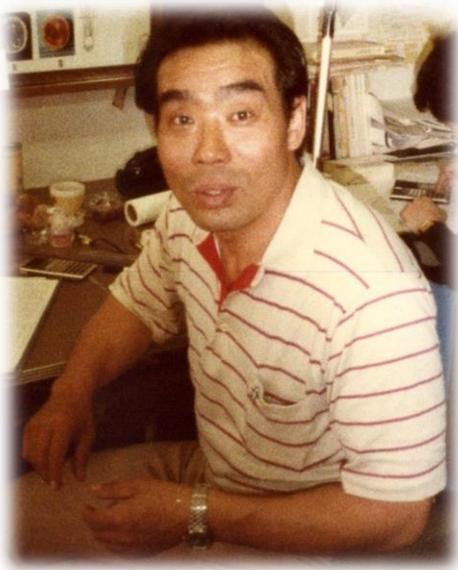
# 東京大学福永研究グループでの活動 (1980年～)



## 超音波断層法による体肢組織量の測定



## 福永グループ身体組成チーム（1981年頃）



**近藤正勝先生**  
(日本大学)



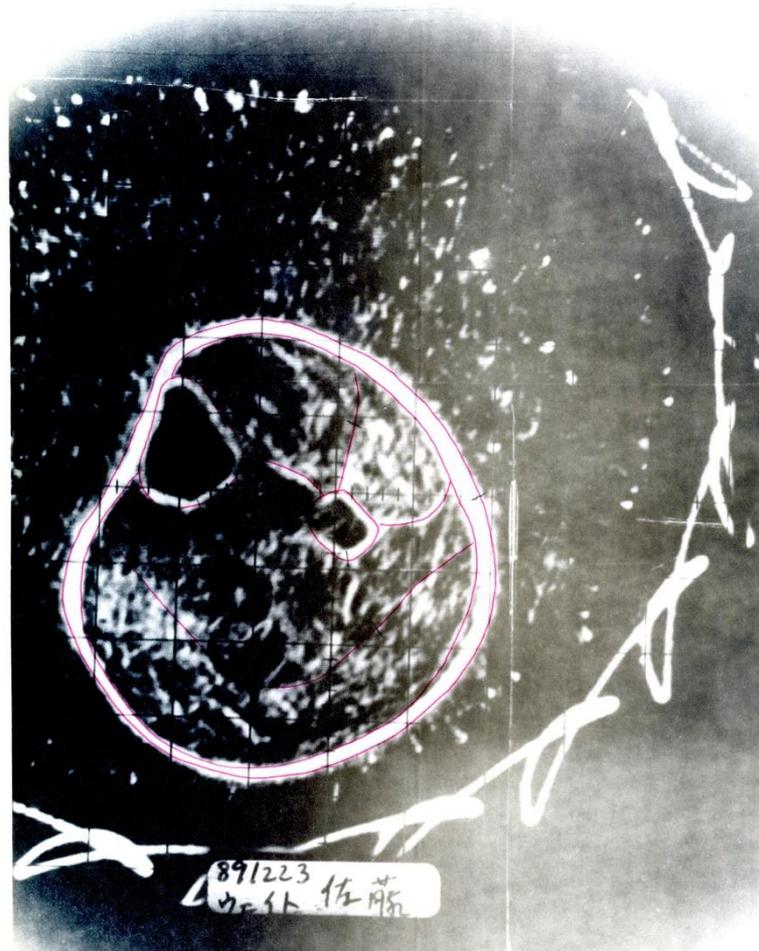
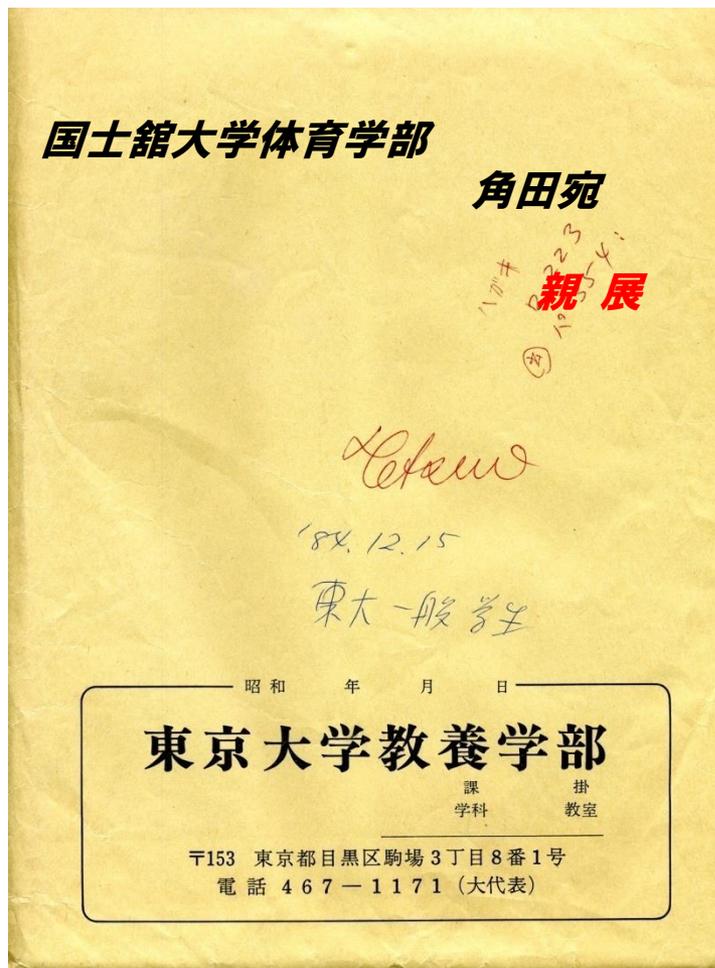
**石田良恵先生**  
(女子美術大学)



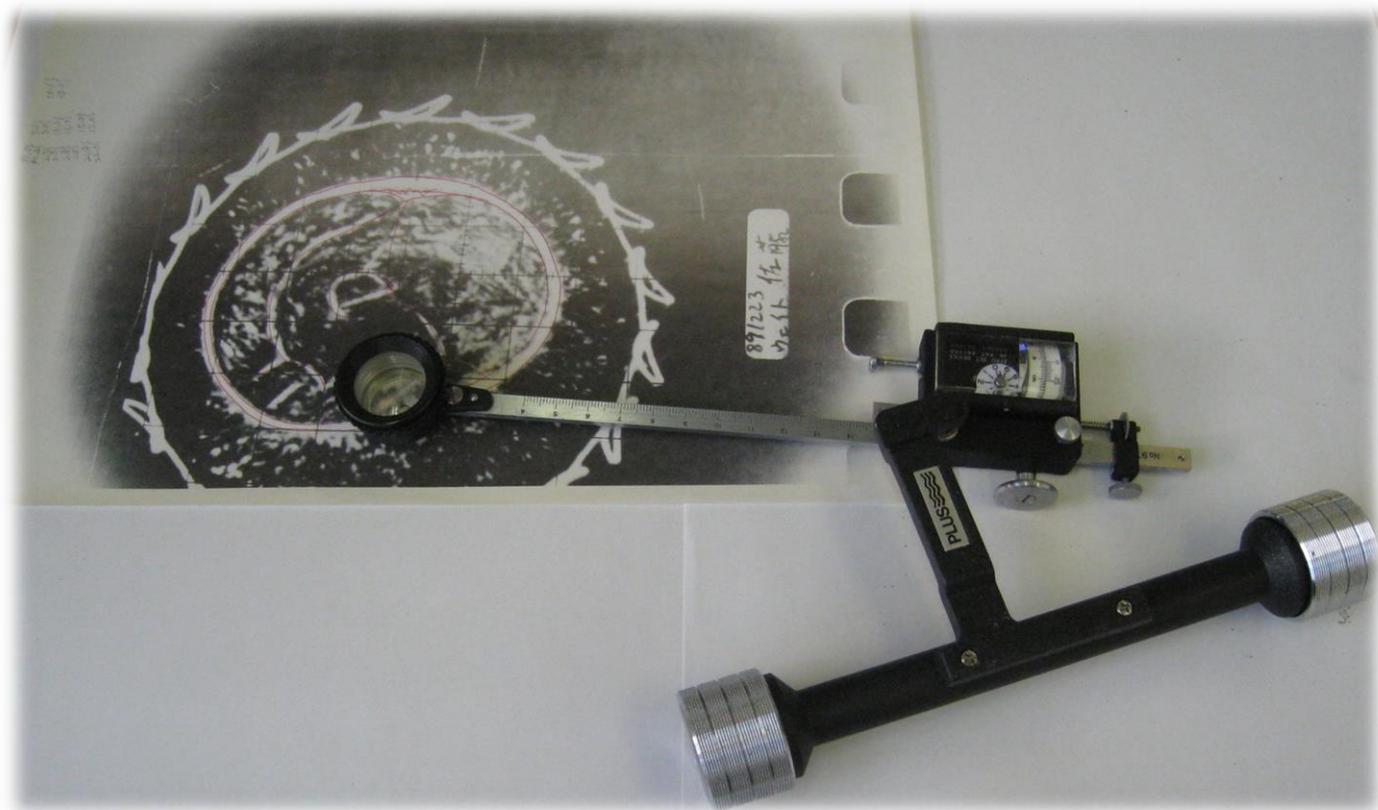
**池川繁樹先生**  
(当時：日本女子大学)

# 超音波画像のトレース

(福永先生からのラブレター：返信期日指定)



# プランニーターによる断面積測定



# インクリボンプリンターで出力したデータ

84-03-06

EM1

SAMPLE= 10

THIGH

ITH	MIN	MAX	RANG	MEAN	VARI	DEVI	C.VARI
①	59.70	96.00	36.30	82.50	101.08	10.05	12.19
②	42.76	62.00	19.24	53.33	26.01	5.10	9.56
③	16.93	37.05	20.11	29.17	32.94	5.74	19.68
④	2.12	2.95	0.83	2.59	0.06	0.24	9.07
⑤	40.44	58.61	18.17	50.65	21.78	4.67	9.21
⑥	16.24	22.12	5.88	19.56	2.79	1.67	8.55
⑦	24.20	36.50	12.29	31.09	11.58	3.40	10.95
⑧	3.12	4.13	1.00	3.72	0.11	0.33	8.90
⑨	9.02	13.95	4.93	11.14	2.50	1.58	14.20
⑩	5.83	9.25	3.42	7.75	0.77	0.88	11.29
⑪	4.74	9.13	4.39	6.85	1.50	1.22	17.87
⑫	0.84	2.34	1.50	1.63	0.17	0.41	25.33
⑬	7.30	11.60	4.30	9.50	1.96	1.40	14.73
⑭	11.30	17.90	6.60	13.90	4.99	2.23	16.06

① whole

② lean

③ fat

④ bone

⑤ muscle

⑥ flexor (H.S)

⑦ extensor

⑧ Rectus femoris

⑨ V. Lateralis

⑩ V. Intermedius

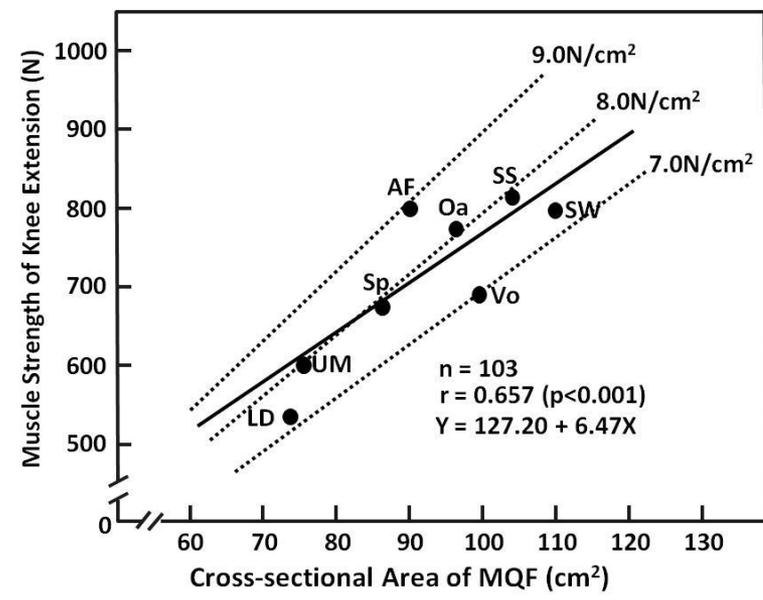
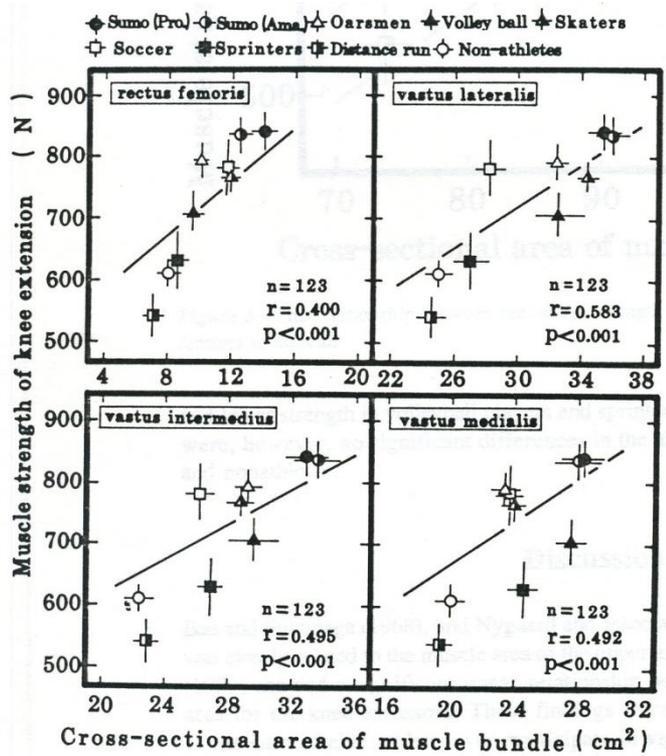
⑪ V. medialis

⑫ Sartorius

⑬ Knee flex. st

⑭ " Ext. st

# スポーツ選手の大腿四頭筋断面積と膝伸展筋力との関係



Relationship between cross-sectional area of MQF and KES. MQF: muscles of quadriceps femoris, KES: Knee extension strength.

Figure 2—The relationships between maximum strength and cross-sectional area of each muscle bundle in athletes.

## カナダ・McMaster大学での研究活動(1985～1986年)



Dr. MacDougall

Dr. Sale

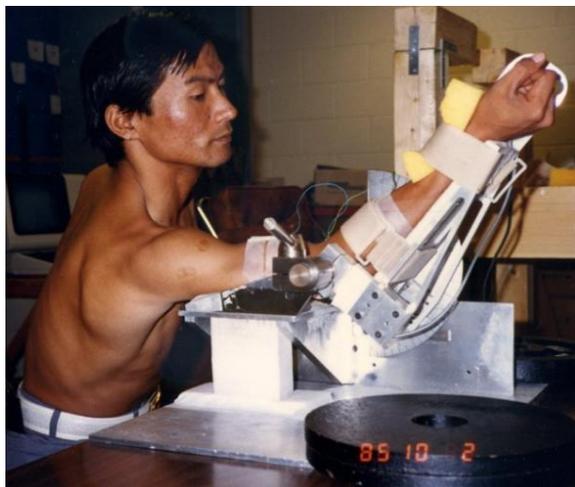


Dr. Bar-Or

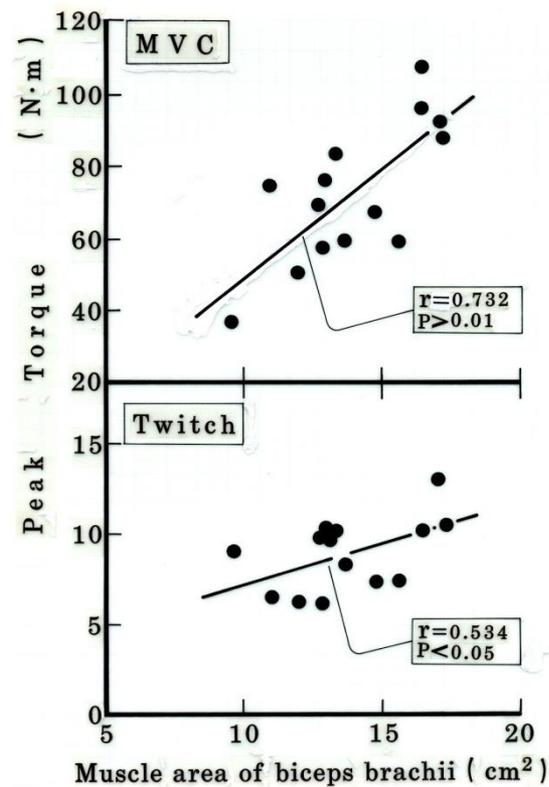
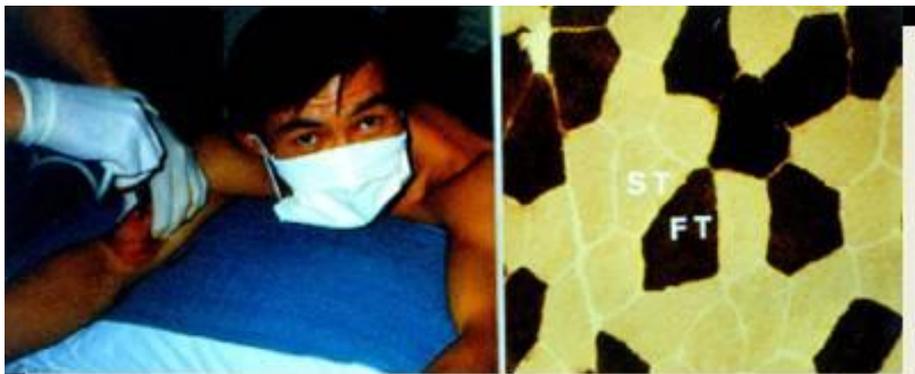


Dr. Blimkie

# 筋繊維組成と筋出力特性の関係



## Muscle Biopsyを体験



*Eur. J. Appl. Physiol Vol. 66, 1993  
N. Tsunoda et. al.*

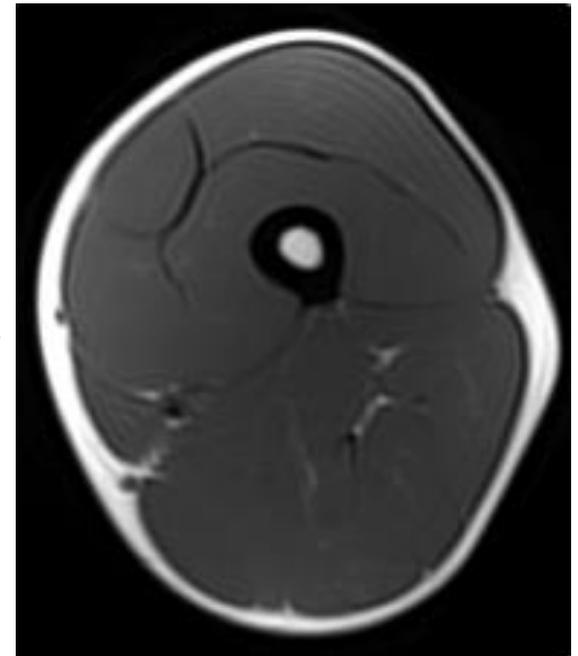
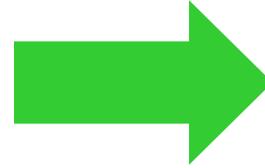
*Eur. J. Appl. Physiol Vol. 66, 1993  
F. O'Hagan et. al.*

## 超音波断層法からMRIへ(1998年～)

大腿部  
横断面像

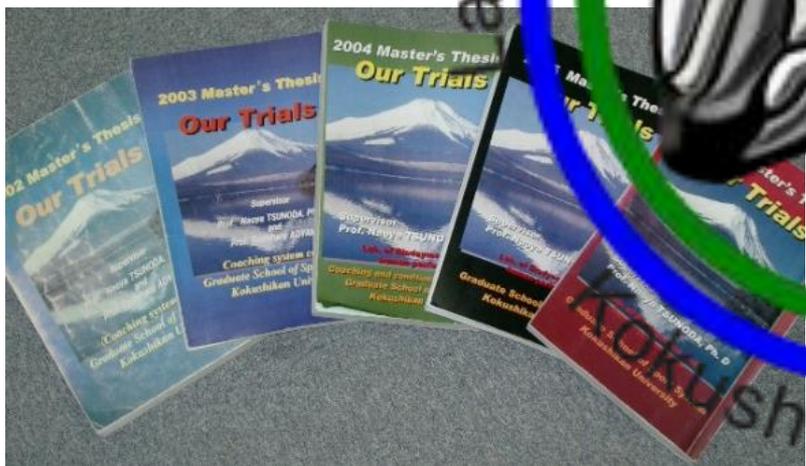


超音波法



MRI法

# 国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科 身体運動学研究室の研究活動（2001年～）



# スポーツパフォーマンスを探る

## 発育・発達とトレーニング

★ 筋形態と筋機能の測定

★ スポーツ動作の解析

# 発育・発達に関する研究

## スピードスケート



8th ECSS

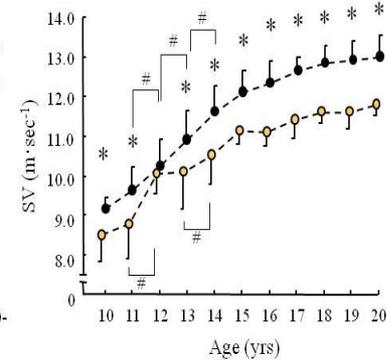
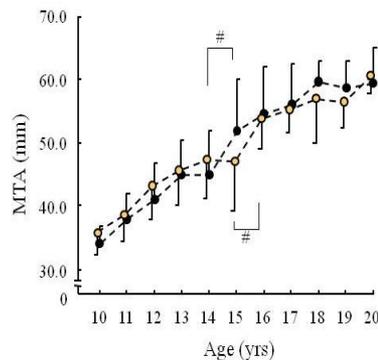
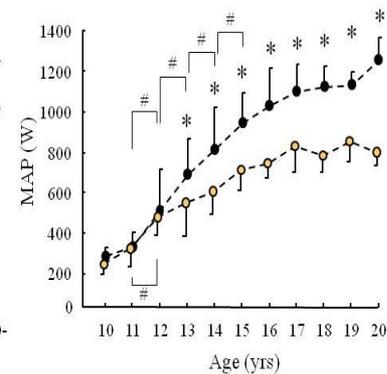
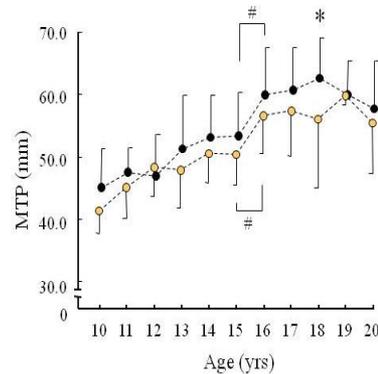
Young investigators award  
3<sup>rd</sup> prize



### Effects of muscle structure and function due to growth and development on skating performance in male and female speed skaters

D. Kumagawa <sup>1)</sup>, S. Tanaka <sup>1)</sup>,  
T. Kumagawa <sup>2)</sup> and N. Tsunoda <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Biodynamics and Human Performance, Graduate School of Sport System, Kokushikan University, Japan  
<sup>2)</sup> Institute of Health and Sport Science, Gunma Prefecture, Japan



● Males  
○ Females

\* gender differences  
( $p < 0.05$ )

# age-related differences  
( $p < 0.05$ )

Age-related changes in anterior (MTA) and posterior (MTP) thigh muscle thicknesses, maximal anaerobic power (MAP) and skating velocity (SV) in male and female speed skaters.

# スピードメーターを用いた スロークスピードの測定

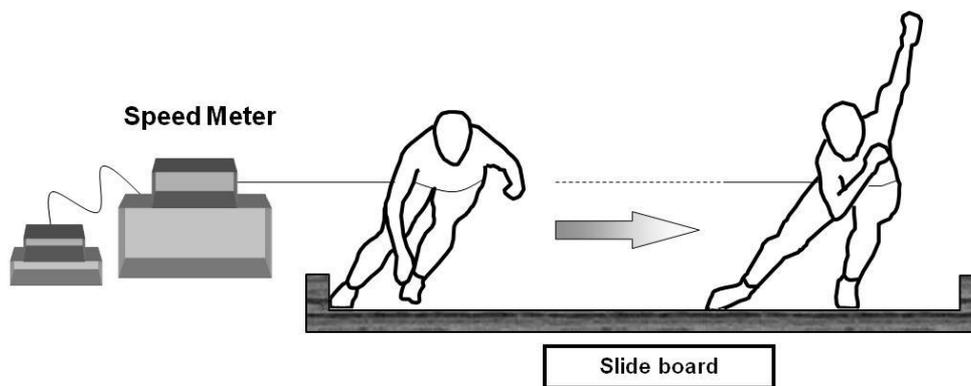


Fig. 1. Schematic representation of the custom-made sliding movement velocity measurement system using a speed meter.

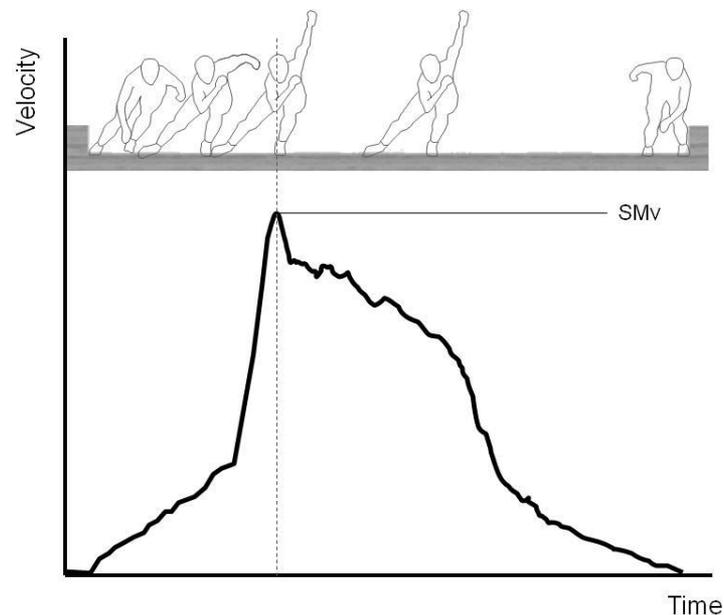


Fig. 2. Typical example of the velocity during sliding movement test.

## スピードスケートに関する 国際学会報告



## 群馬県スケート連盟への医科学 サポートを10年継続

Kumagawa D, Tanaka S, Takahashi Y and Tsunoda N. (2009), The growth and development of lower limb muscle size and anaerobic power generation capacity in male sprint and long-distance speed skaters. 14th ECSS, Oslo

Kumagawa D, Tsunoda N (2008), Muscle structural changes due to one year training in Japanese junior speed skaters. 13th ECSS, Estril

Kumagawa D, Tsunoda N (2007), Effects of growth and development to the relationships between body fat, muscle mass, anaerobic power production capacity and skating performance in Japanese junior speed skaters. 12th ECSS, Jyväskylä

Kumagawa D, Tsunoda N (2006), Biological growth and development for skating performance, thigh muscle structure and function in male and female Japanese speed skaters. 11th ECSS, Lausanne

Kumagawa D, Tsunoda N (2005), Gender differences of muscle size and muscle function in sprinter, middle and long distance speed skater. 10th ECSS, Belgrade

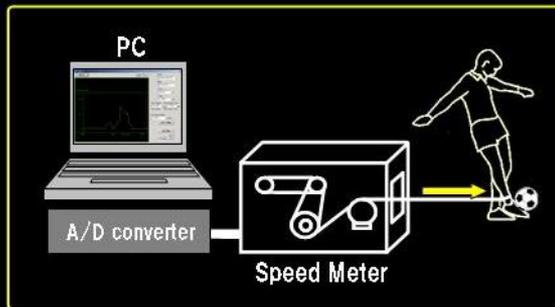
Kumagawa D, Tanaka S, Kumagawa T, Aoba T, Tsunoda N (2004), Reflection of muscle size and sliding movement velocity to skating performance in male teenager speed skaters. 9th ECSS, Clermont-Ferrand

Kumagawa D, Tanaka S, Kumagawa T, Tsunoda N (2003), Effects of muscle structure and function due to growth and development on skating performance in male and female speed skaters. 8th ECSS, Salzburg

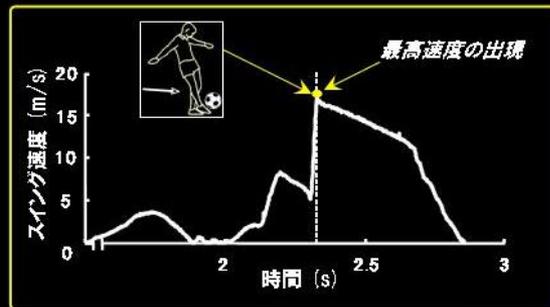
# 発育・発達に関する研究

## サッカー

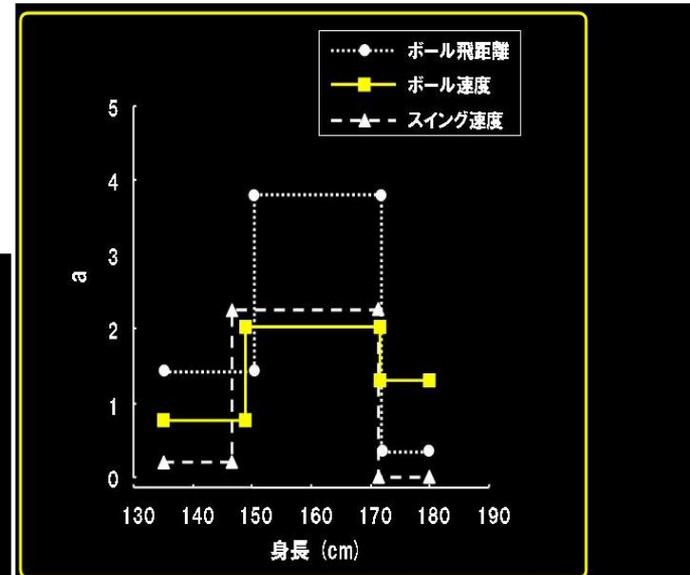
### スピードメーターを用いた 蹴球スピードの測定



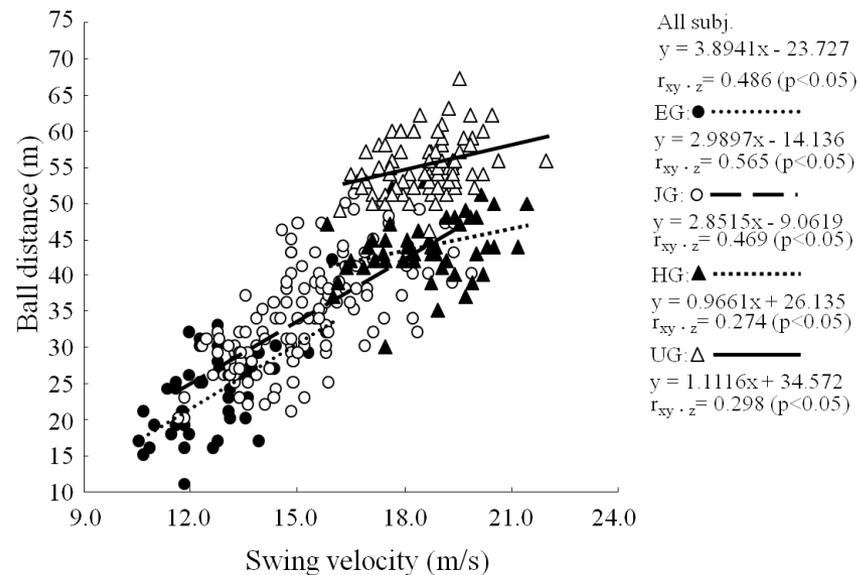
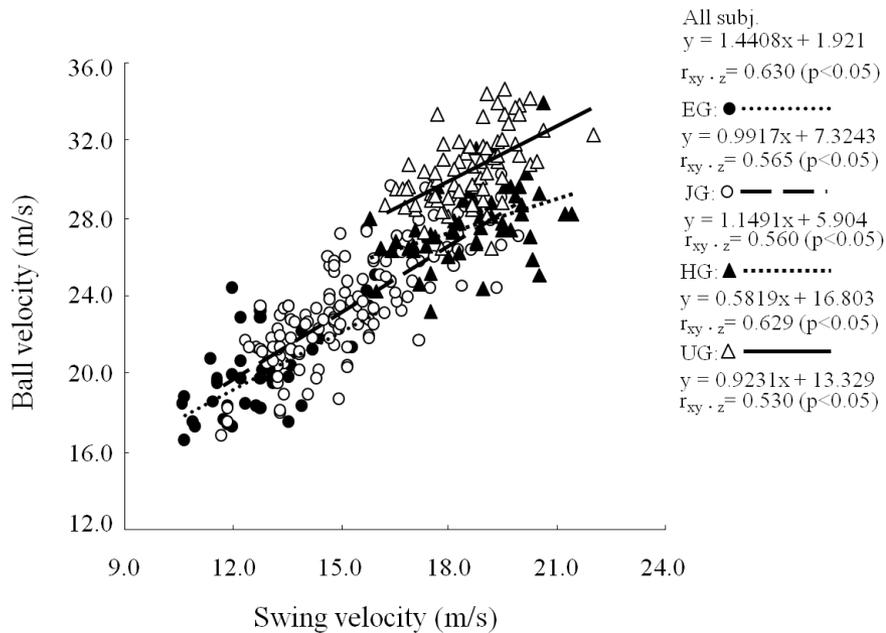
Speed Meterによるスイング速度の測定



ボールキック動作時におけるスイング速度曲線



各ボールキック能力における相対発育に伴うアローメトリ係数  $a$  の変化

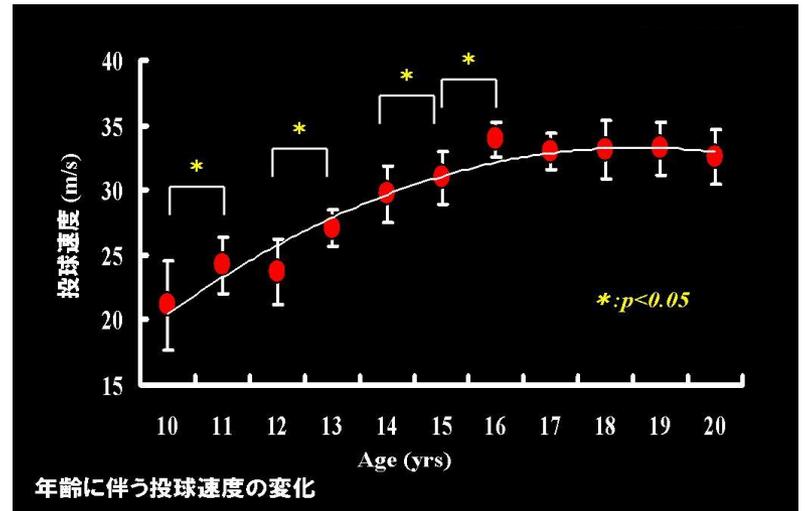
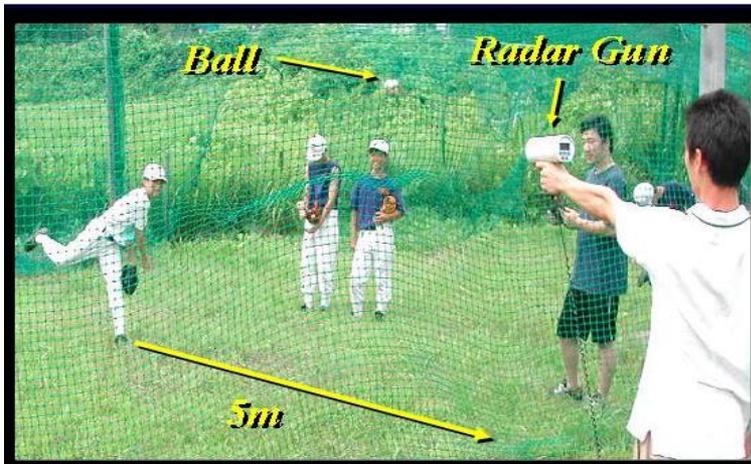


年代別にみたスイング速度とボール速度の関係

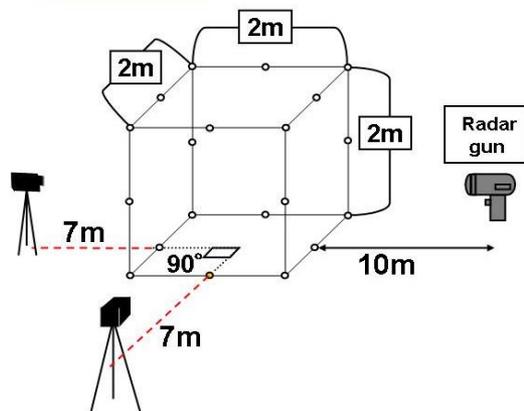
年代別にみたスイング速度とボール飛距離の関係

手島貴範、角田直也、発育発達研究46(1)

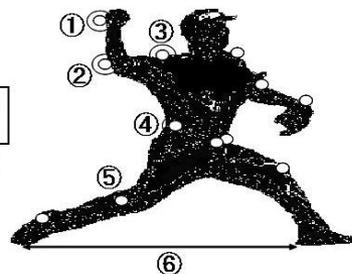
# 発育・発達に関する研究 野球(投能力)



投動作の測定

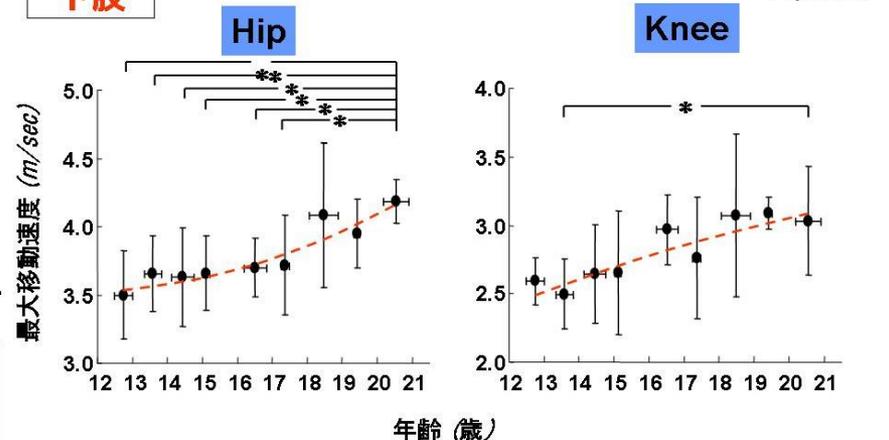


マーカー位置



- ①手関節 (Wrist)
- ②肘関節 (Elbow)
- ③肩峰点 (Shoulder)
- ④腸骨棘 (Hip)
- ⑤膝関節 (Knee)
- ⑥ストライド長

下肢



年齢と下肢各関節最大移動速度の関係

## 筋横断面積 (上肢、下肢)

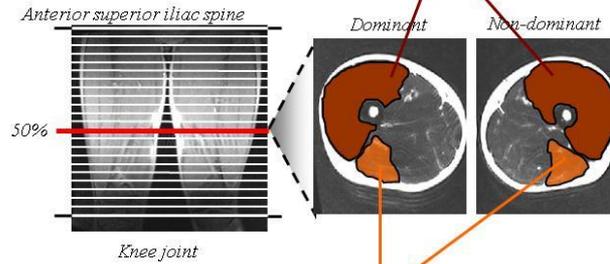
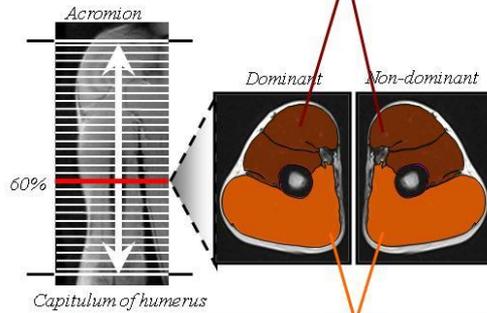
Magnetic resonance imaging (MRI)

Slicethickness : 10 mm

Slice interval : 10 mm

Flexor muscles (M. Biceps brachii and Brachialis)

Quadriceps femoris



Extensor muscle (M. Triceps brachii)

Hamstrings muscle

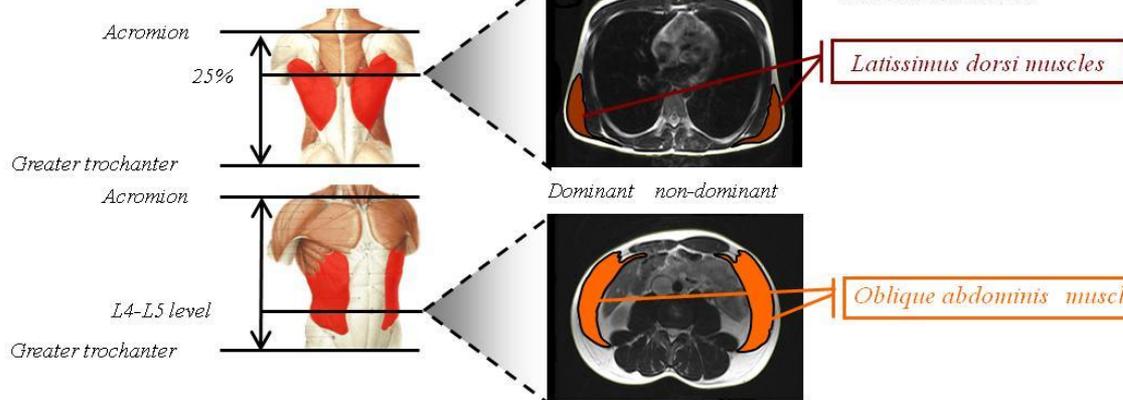
## 筋横断面積 (体幹)

Magnetic resonance imaging (MRI)

Anterior

Slice thickness : 10 mm

Slice interval : 10 mm



野球選手の筋形態 特異的な筋の発達部位

上腕部(投球腕) 右広背筋 左外腹斜筋 踏出脚大腿部



# 相対発育からみた投動作と蹴動作の発達

## Motor performance:

- *Baseball players (Throwing movement)*

**Maximal pitched ball velocity**



5m

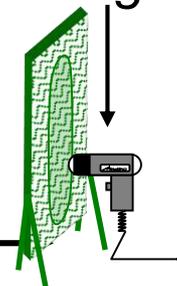
Radar gun

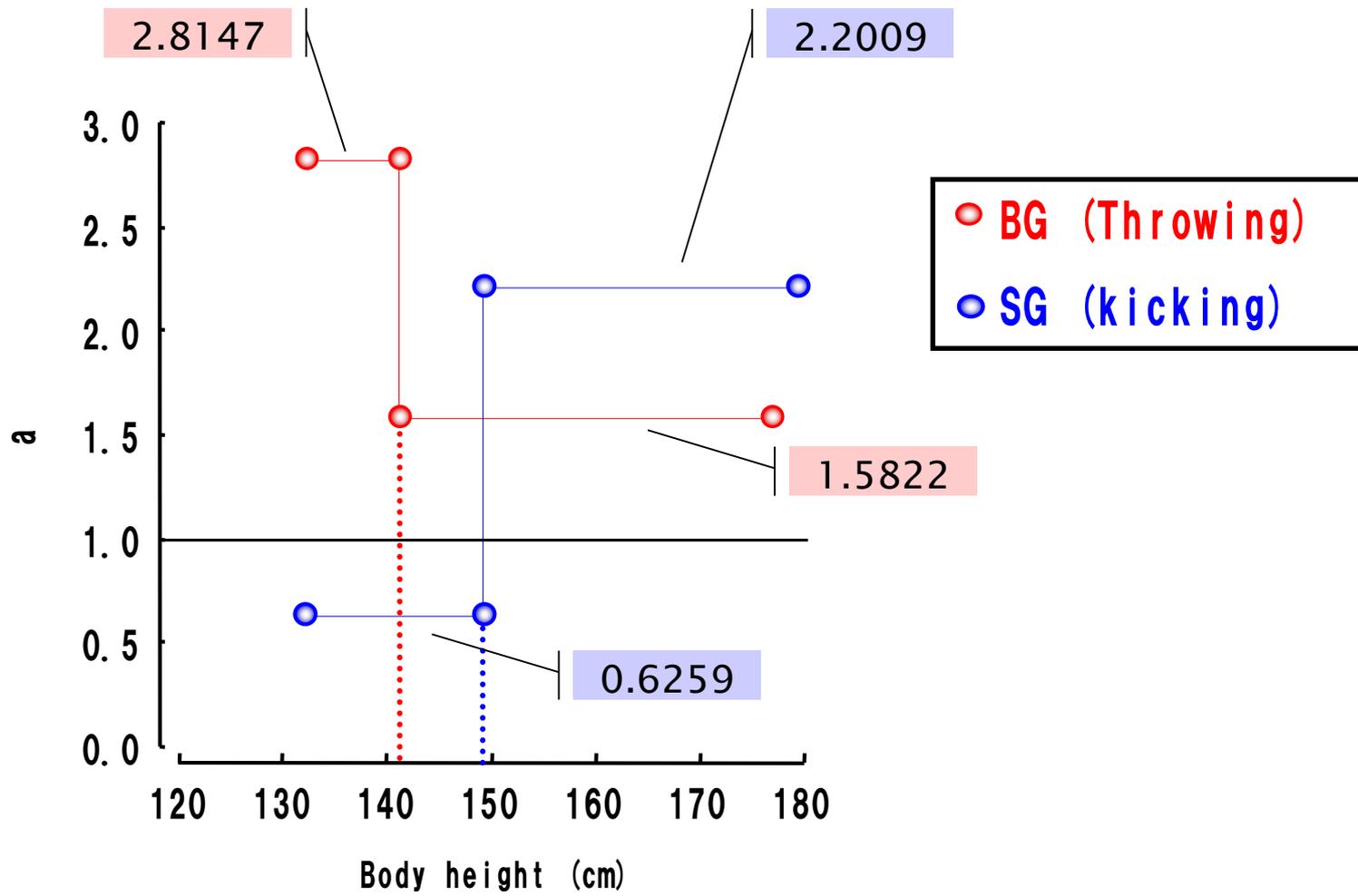
- *Soccer players (Kicking movement)*

**Maximal kicked ball velocity**

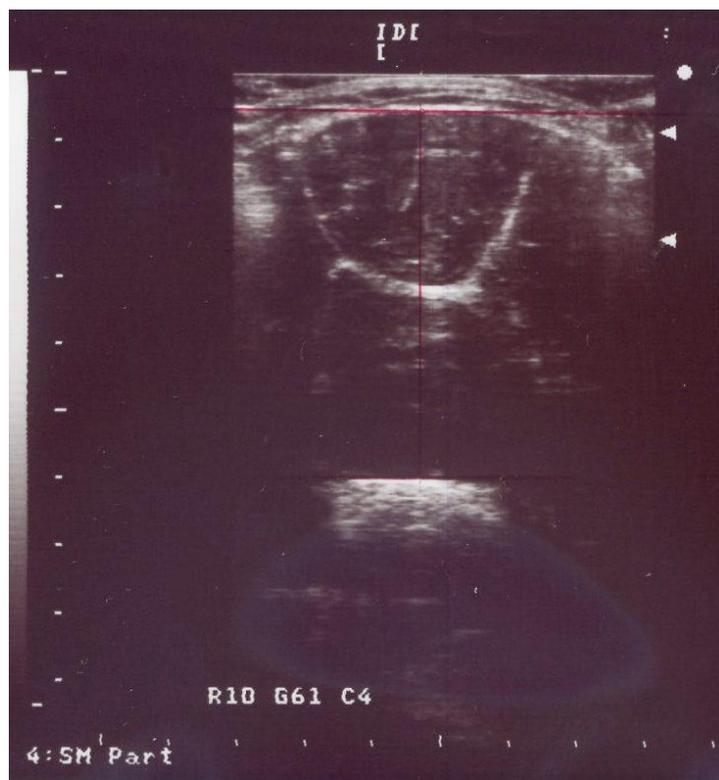


5m

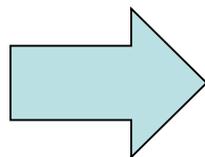




# 筋厚測定法の現在



画像プリント



Trance PODによる画像取り込み

# 年に一度はヨーロッパへ！



8<sup>TH</sup> ECSS ザルツブルグ オーストリア



10<sup>th</sup> ECSS ベオグラード セルビア



11<sup>TH</sup> ECSS ローザンヌ スイス



サンタクロス村, ロバニエミ フィンランド

# 学外共同研究者・論文著者

---

**福永哲夫**（鹿屋体育大学）

**金久博昭**（鹿屋体育大学）

**久保啓太郎**（東京大学）

**池川繁樹**（十文字学園女子大学）

**矢田秀昭**（和光大学）

**近藤正勝**（日本大学）

**石田良恵**（女子美術大学）

**沢井史穂**（女子美術大学）

**宮崎光次**（桜美林大学）

**堀川浩之**（昭和大学）

**弓桁亮介**（昭和大学）

**安田康晴**（京都橘大学）

ほか

# 学内共同研究者・論文著者

---

**須藤明治**（体育学部准教授）

**熊川大介**（大学院スポーツ・システム研究科助手）

**田中重陽**（大学院スポーツ・システム研究科助手）

**手島貴範**（大学院スポーツ・システム研究科研究生）

**池袋敏博**（体育学部体育研究所 特別研究員）

**高橋佑輔**（体育学部教務助手）

ほか

院生 博士課程 3年生：2名  
2年生：2名

修士課程 2年生：17名  
1年生：9名

# 現在の身体運動学研究室の取組み

---

- **スポーツ選手の筋腱における力学特性を探る  
（東京大学 久保啓太郎先生との共同研究）**
- **自転車駆動パワーの発揮特性を探る**
- **体幹の筋形態と機能特性との関わりを探る**
  
- **武道を科学する**
- **救急救命活動時の筋活動を探る**
  
- **東京都ジュニアスポーツ選手の医科学サポート**
- **本学のスポーツクラブの医科学サポート**

# 身体運動学研究室の標語

いつも明るく、楽しく

こころの “AIDS” を防ごう！！

**A**: 諦めない

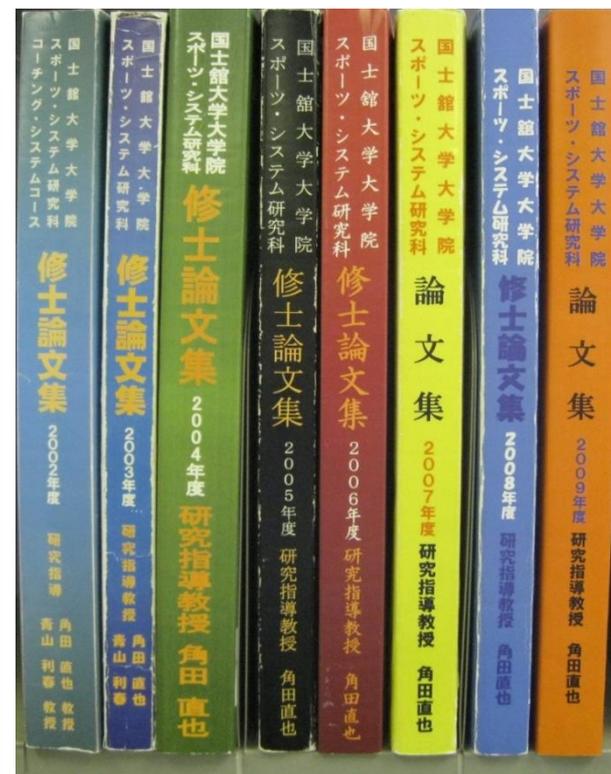
**I**: いい加減にならない

**D**: だらけない

**S**: 信じられなくなならない



## 身体運動学研究室論文集



ご清聴ありがとうございました。