ファジイ理論を用いた体力分析の試み

Analysis of Physical Fitness based of Fuzzy Theory for Individuals with
Mental Retardation

杉 本 光 公 : Mitsukimi SUGIMOTO¹
後 藤 邦 夫 : Kunio GOTO²

- 1 筑波大学大学院体育科学研究科 : Doctoral Program in Health and Sport Science, University of Tsukuba, Tennodai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki, 305,
- 2 筑波大学体育科学系 : Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Tennodai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki, . 305,

Abstract

The purpose of this study was to analyze the physical fitness of individuals with mental retardation based on Fuzzy Theory, and to show how to treat the fuzziness included in human movement.

The result can be summarizing as follows :

- (1) The fitness of individuals with mental retardation was on low level compared with the nondisabled.
- (2) The distribution of the fitness of individuals with mental retardation can not be fit normal distribution.
- (3) The analysis using Fuzzy Theory was efficient to express the fitness of individuals with mental retardation.
- (4) The evaluation using Fuzzy Theory was useful for the fitness of individuals with mental retardation.

I. はじめに

現代社会は、知的な発達障害者（以下MR者と表記する）に対する雇用法の適用、運賃割引制度など社会への参加の機会を増すべく努力が払われている。また、MR者と社会とのかかわりは今後ますます増大すると考えられる。しかし現実には、MRをもった人たちにとって完全に住みよい社会が実現されているとは言い難い。その原因の一つとして、MRをもった人たちの実態がよく把握されておらず、理解が不十分であるという

点がある。例えば体力・運動能力テストにおいては、Sengstock¹⁰⁾、水野等⁹⁾、波多野⁶⁾はMR児の運動能力を、Cureton²⁾等、Fernhall⁴⁾等、浅野¹⁾等、芳賀⁵⁾等はMR者の全身持久力の測定結果を報告しているが、いずれの調査も健常者に対する測定方法や指標が用いられており、健常者より劣ると報告している。しかしMRを持つ人々は、テストに対する意欲やテストの理解力、験者との相性等によって結果が大きく変化することが多々ある¹⁴⁾ので、既存の方法でのテストの評価には問題があると考えられる。これに対して、

Fernhall³⁾はMR者に適したテストによって調査をすることを提唱している。しかし、現実に新しい測定方法を開発することは、多くの時間を必要とし、しかも今までのデータが活用できないという点が挙げられる。これらのことから、既存のテスト項目を用いて、MR者の特性を考慮した体力の分析・評価の方法を開発することが必要であると考えられる。1973年、Zadeh¹⁶⁾は「不適合性の原理」を発表した。このなかで扱うシステムが一定の限界を超えたときに、厳密で意義のある記述は不可能であることを主張した。体力を分析・評価することは人間という非常に複雑なシステムを記述することである。さらに、MR者の特性を考慮した場合、曖昧さを含んだ体力の分析・評価は、より彼らの実態を示しうるものと考えられる。しかし、曖昧さを含んだ体力の分析・評価は試みられていない。そこで本研究は、測定値の分布が一樣でないMR者の特性と人間に内在する曖昧さを考慮し、ファジイ理論を用いた体力分析・評価の方法を提案し、そのスポーツ教育に対する有用性を示すことを目的とした。

II. 方 法

1. 対 象

対象は、MR者の入所授産施設Tに入所している者、合計50名（男性32名、女性18名）である。被験者の男女別の身長、体重、IQ、施設入所期間の平均と標準偏差は表1の様であった。運動能力の測定項目は以下の12項目とした。また、これらの項目は日本人の体力標準値第四版¹²⁾の測定方法に準拠して測定を行った。

1. 立位体前屈
2. 伏臥上体そらし
3. 閉眼片足立ち
4. 握力(右)
5. 握力(左)
6. 背筋力
7. 立ち幅跳び
8. ソフトボール投げ
9. シャトルラン
10. 50m走

11. Sit ups
12. 1500m, 1000m走

表1：被害者の基礎データの平均と標準偏差

項目	男性(平均±SD)	女性(平均±SD)
年齢(歳)	31.1 ± 10.27	41.8 ± 12.62
身長(cm)	158.3 ± 9.23	144.8 ± 5.19
体重(kg)	57.0 ± 9.07	53.4 ± 9.16
IQ	37.5 ± 10.94	36.5 ± 10.42
施設入所期間(月)	101.3 ± 55.44	147.1 ± 38.81

III. 測定結果

1. MR者の体力特性

1.1 健常者との平均値の比較

MR者の体力測定における各項目平均値は表2の様であった。この平均値は、各人の測定値(3回)の平均値を代表値とし、算出したものである。また、健常者のデータは日本人の体力標準値第四版¹²⁾の標準化された平均と標準偏差のなかで、MR者の平均年齢(男性31才、女性41才)の値を採用した。これらを比較すると、健常者の値に比べてMR者の値がかなり低い傾向が見られた。

表2：MR者と健常者の体力測定の平均値と標準偏差

グループ 項目/性別	MR者(平均±SD)	
	男性	女性
立位体前屈(cm)	-8.4 ± 12.12	-3.1 ± 11.09
伏臥上体そらし(cm)	32.5 ± 16.69	27.5 ± 11.26
閉眼片足立ち(sec)	5.2 ± 9.27	2.1 ± 1.93
握力(右)(kg)	29.0 ± 10.28	20.1 ± 5.25
握力(左)(kg)	28.2 ± 10.50	19.7 ± 5.49
背筋力(kg)	70.6 ± 37.40	43.9 ± 18.70
立ち幅跳び(cm)	133.6 ± 63.97	87.6 ± 39.42
softball 投げ(m)	18.6 ± 12.34	8.7 ± 4.97
シャトルラン(sec)	19.3 ± 10.40	20.8 ± 5.56
50m 走(sec)	12.9 ± 9.00	15.4 ± 6.41
sit ups(times)	10.6 ± 5.13	9.0 ± 2.70
1000m,1500m 走(min)	9.8 ± 5.37	7.8 ± 2.40
グループ 項目/性別	健常者(平均±SD)	
	男性	女性
立位体前屈(cm)	11.3 ± 6.20	13.8 ± 5.70
伏臥上体そらし(cm)	49.4 ± 8.40	50.1 ± 7.30
閉眼片足立ち(sec)	77.0 ± 81.00	77.0 ± 81.00
握力(右)(kg)	50.1 ± 6.70	31.1 ± 5.00
握力(左)(kg)	50.1 ± 6.70	31.1 ± 5.00
背筋力(kg)	145.4 ± 25.30	87.7 ± 18.80
立ち幅跳び(cm)	219.0 ± 31.00	160.0 ± 26.00
softball 投げ(m)	47.2 ± 7.10	22.4 ± 6.10
シャトルラン(sec)	11.1 ± 0.45	12.8 ± 0.60
50m 走(sec)	7.6 ± 0.50	9.0 ± 0.70
sit ups(times)	20.4 ± 4.00	11.7 ± 4.60
1000m,1500m 走(min)	6.2 ± 0.40	5.3 ± 0.44

1.2 健常者との分散の比較

健常者と障害者の分散の差を検定した。検定はF検定を用いた。検定の結果、健常者と障害者の間に5%水準で分散に差が見られた項目は、

- ・立位体前屈（男女共、MR者の方が大きい）
- ・伏臥上体そらし（男性でMR者の方が大きい）
- ・閉眼片足立ち（男女共、健常者の方が大きい）
- ・握力（右）（男性でMR者の方が大きい）
- ・握力（左）（男性でMR者の方が大きい）
- ・背筋力（男性でMR者の方が大きい）
- ・立ち幅跳び（男性でMR者の方が大きい）
- ・ソフトボール投げ（男性でMR者の方が大きい）
- ・シャトルラン（男女共、MR者の方が大きい）
- ・50m走（男女共、MR者の方が大きい）
- ・1000m, 1500m走（男女共、MR者の方が大きい）

であった。

2. 正規性の検定

1.1節では健常者とMR者の平均値を比較したが、これはどちらの集団も正規分布をしているという仮定のもとに比較を行っていた。ここではその正規性について検討する。

2.1 歪度の検定

正規性の検定の一つとして歪度の検定がある。これは、分布の歪みを表している。歪度の式は以下の様である。

$$m_3 = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 / n$$

$$m_2 = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / n$$

として、次の値を求める。

$$\sqrt{b_1} = g_1 = m_3 / (m_2 \sqrt{m_2})$$

この値は0であると、歪みがなく、正に大きくなると平均値よりも高い値が多くあり、逆に負になれば平均値よりも小さい値が多くあることになる。各測定項目の歪度は以下の様であり、有意性と共に示した。

- 立位体前屈 歪度 1 = 0.05 no significant
- 上体そらし 歪度 2 = 0.11 no significant
- 閉眼片足立ち 歪度 3 = 6.46 **

握力（右） 歪度 4 = 0.11 no significant

握力（左） 歪度 5 = 0.04 no significant

背筋力 歪度 6 = 0.39 *

立ち幅跳び 歪度 7 = 0.05 no significant

ソフトボール投げ 歪度 8 = 1.14 **

シャトルラン 歪度 9 = 2.15 **

50m走 歪度 10 = 2.52 **

Sit Ups 歪度 11 = 0.08 no significant

1000m, 1500m走 歪度 12 = 2.48 **

(*p < 0.05, **p < 0.01)

2.2 尖度の検定

正規性のもう一つの検定として、尖度の検定がある。これは分布のとがりを表しているものであり、以下の式で表される。

$$g_2 = b_2 - 3 = (m_4 / m_2^2) - 3$$

ここで

$$m_4 = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 / n$$

正規分布の場合この値は3という値をとり、3より大きい場合はとがった分布であり、3より小さい値は頂上が平たい曲線を表している。歪度と同様に有意性ととも示した。

立位体前屈 尖度 1 = 2.074 **

伏臥上体そらし 尖度 2 = 1.897 **

閉眼片足立ち 尖度 3 = 58.94 **

握力（右） 尖度 4 = 2.678 no significant

握力（左） 尖度 5 = 2.438 *

背筋力 尖度 6 = 2.308 *

立ち幅跳び 尖度 7 = 2.045 **

ソフトボール投げ 尖度 8 = 3.681 *

シャトルラン 尖度 9 = 8.209 **

50m走 尖度 10 = 10.70 **

Sit Ups 尖度 11 = 2.806 no significant

1000m, 1500m走 尖度 12 = 11.75 **

(*p < 0.05, **p < 0.01)

歪度、尖度共に多くの項目で有意性が認められた。特に尖度が握力（右）とSit Ups以外のすべての項目において有意性を示したことは、これらの項目が正規分布としては、尖りすぎかまたは、平たすぎることを示している。

IV. ファジイ理論による運動の分析と評価

1. ファジイ理論を用いた運動の分析

前章までの結果から、正規分布としてMR者の体力を分析することが難しいと考えられる。そこで新たな方法としてファジイ理論に基づいて分析する方法を考案する。ファジイ理論は1965年に L. A. Zadeh¹⁵⁾によって提案され、曖昧さを定量的に取り扱う基礎となった。曖昧さを定量的に取り扱うために、ファジイ理論ではメンバーシップ関数によってその曖昧さを特性づけている。本研究においてもその方法に則り、人間の運動をその曖昧性を含んだ形でメンバーシップ関数として定義する。そして、各個人のデータを曖昧性を含んだ形でファジイ理論を用いて表現しその特性を明らかにすることを試みる。

2. メンバーシップ関数の定義

ファジイ理論で用いられているメンバーシップ関数は多くのものが考案されている¹¹⁾。それらの中で本研究では文献¹³⁾ π 型のメンバーシップ関数を用いる。このメンバーシップ関数は図1の4つのパラメータによって特徴づけられている。これらのパラメータのうち、as, azは最大満足(適合度=1.0)区間を表し、bsとbzはメンバーシップのグレードが1.0から0.5に低下する区間の長さを表す。これらの4つのパラメータを以下の方法で算出する。これらのパラメータを、全ての項目について男女の値を用いて算出した。

図1：メンバーシップ関数のパラメータ

bs asと各項目の測定値の12.5パーセンタイルの値の差の絶対値

as 各項目の測定値の第一四分位点

az 各項目の測定値の第三四分位点

bz azと各項目の測定値の87.5パーセンタイルの値の差の絶対値

正規性の検定から分布が歪んでいるか、または尖りが平たい項目が多く見られた。図1の各パラメータはそれらの値を反映する様に設定されることになる。さらに、隣り合うメンバーシップ関数のグレードの合計は1である

$$\mu(x_i) + \mu(x_{i+1}) = 1$$

という制約条件を用いて二つのメンバーシップ関数を導く¹¹⁾。これは、元のメンバーシップ関数はMR者の運動能力の“普通です”というメンバーシップ関数を表していると仮定できる。この“普通です”というメンバーシップ関数から“十分優れています”というメンバーシップ関数を導くことができる(図2)。これらのメンバーシップ関数を用いると、MR者の運動能力をファジイ推論を用いて評価することが可能である。これによって生成したメンバーシップ関数は図3から図8の様であった。

これらの算出されたメンバーシップ関数は、分布の特性を4つのパラメータで表したものであるといえる。これは平均値と標準偏差という二つの代表値で表すよりもきめの細かい表現が可能であるということになる。

$$\mu(x_i) + \mu(x_{i+1}) = 1$$

図2：基準メンバーシップ関数

図3：立位体前屈(a)と伏臥上体そらし(b)のメンバーシップ関数

図6：立ち幅跳び(a)とソフトボール投げ(b)のメンバーシップ関数

図4：開眼片足立ち(a)と握力(右)(b)のメンバーシップ関数

図7：シャトルラン(a)と50m走(b)のメンバーシップ関数

図5：握力(左)(a)と背筋(b)のメンバーシップ関数

図8：腹筋(a)と1000m, 1500m走(b)のメンバーシップ関数

3. ファジィ評価

ここでは、前述のファジィ理論に基づいた評価がどのように行われるかを示す。まず、個人を表すメンバーシップ関数を定義する。基準メンバーシップ関数と同様に、個人の全ての測定値（3回×5セット）、計15個からas, az, bs, bzの4つのパラメータを算出する。そして個人のメンバーシップ関数と基準メンバーシップ関数の適合度を計算する。適合度は各基準メンバーシップ関数と個人のメンバーシップ関数のグレードのmin演算（グレードの小さい方を取る）¹³⁾を行うことによって各評価の適合度を求めることができる。一例を挙げると図9の様になる。この図では、“普通です”、“十分優れています”、“努力しましょう”の各基準メンバーシップ関数に、個人データがどの程度適合しているかを表している。この例では、“普通です”に0.18で、“十分優れています”に1.0でそれぞれ適合していることになる。また最終的にはmin-max合成法¹³⁾を用いて、デファジファイをおこない、一つのラベル（“普通です”

図9：評価の一例（立位体前屈）

など)にあるグレード（メンバーシップ値）で属しているという評価を出力することになる。またこの表現はメンバーシップ値と共に表示してあるので、ファジィ性が残っている。このような評価方法では、全く平均値や標準偏差といった代表値に依存することがない。また、非線形で、個人のデータの曖昧性を加味した評価が可能である。こ

の方法を用いて全ての項目について、全被験者を

評価した結果を表3から表6に示した。

表3：ファジィ評価1

	Item1		Item2		Item3	
	Grade	Label	Grade	Label	Grade	Label
ID1	0.81	Good	0.49	Good	0.77	Norm
ID2	0.84	Norm	0.51	Good	0.55	Norm
ID3	0.87	Norm	1.00	Norm	0.55	Norm
ID4	1.00	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID5	1.00	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID6	1.00	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID7	0.92	Norm	1.00	Norm	0.52	Norm
ID8	0.81	Norm	0.87	Norm	0.48	Norm
ID9	0.82	More	0.59	More	0.42	More
ID10	1.00	More	0.60	More	0.60	More
ID11	0.95	Norm	0.97	Norm	0.55	Norm
ID12	0.88	Norm	0.50	Good	0.56	Norm
ID13	0.92	Norm	0.95	Norm	0.60	Norm
ID14	1.00	Norm	0.95	Norm	0.60	Norm
ID15	1.00	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID16	0.95	Norm	0.83	Norm	0.60	Norm
ID17	0.96	Norm	1.00	Norm	0.58	Norm
ID18	0.91	Norm	0.92	Norm	0.55	Norm
ID19	0.93	Norm	1.00	Norm	0.53	Norm
ID20	0.84	Norm	0.99	Norm	0.46	More
ID21	1.00	Norm	0.96	Norm	0.60	Norm
ID22	0.76	Norm	0.46	Norm	0.40	Norm
ID23	0.82	Norm	0.64	Norm	0.55	Norm
ID24	0.84	Good	0.51	Good	0.52	Norm
ID25	0.78	Norm	0.77	Norm	0.52	Norm
ID26	0.92	Good	0.61	Norm	0.57	Good
ID27	0.80	Norm	0.93	Norm	0.40	Good
ID28	0.97	Norm	0.89	Norm	0.57	Norm
ID29	0.80	Norm	0.91	Norm	0.60	Norm
ID30	0.90	Norm	1.00	Norm	0.50	Norm
ID31	0.97	Norm	0.70	Norm	0.57	Norm
ID32	1.00	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID33	0.97	Norm	1.00	Norm	0.57	Norm
ID34	1.00	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID35	0.95	Norm	1.00	Norm	0.58	Norm
ID36	1.00	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID37	1.00	Norm	0.88	Norm	0.60	Norm
ID38	0.97	Norm	0.97	Norm	0.60	Norm
ID39	0.81	Norm	0.94	Norm	0.51	Norm
ID40	0.85	Norm	0.82	Norm	0.50	Norm
ID41	0.92	Norm	0.62	Norm	0.60	Norm
ID42	0.90	Norm	0.94	Norm	0.50	Norm
ID43	1.00	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID44	1.00	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID45	0.83	Norm	0.98	Norm	0.60	Norm
ID46	1.00	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID47	0.84	Norm	1.00	Norm	0.44	Norm
ID48	1.00	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID49	0.90	More	0.58	More	0.50	Norm
ID50	0.96	Norm	0.97	Norm	0.56	Norm

表4：ファジィ評価2

	Item4		Item5		Item6	
	Grade	Label	Grade	Label	Grade	Label
ID1	0.79	Good	0.57	More	0.76	Good
ID2	0.83	Good	0.38	Norm	0.82	Norm
ID3	0.92	Norm	0.55	Norm	0.92	Norm
ID4	1.00	Norm	0.60	Norm	1.00	Norm
ID5	1.00	Norm	0.60	Norm	1.00	Norm
ID6	1.00	Norm	0.60	Norm	1.00	Norm
ID7	1.00	Norm	0.52	Norm	1.00	Norm
ID8	0.80	Norm	0.48	Norm	0.90	Norm
ID9	0.98	More	0.40	Good	1.00	More
ID10	1.00	More	0.40	Good	1.00	More
ID11	1.00	Norm	0.57	Norm	0.95	Norm
ID12	0.76	Good	0.36	Norm	0.86	Norm
ID13	0.92	Norm	0.55	Norm	0.92	Norm
ID14	0.95	Norm	0.60	Norm	1.00	Norm
ID15	1.00	Norm	0.60	Norm	1.00	Norm
ID16	0.83	Norm	0.58	Norm	0.90	Norm
ID17	1.00	Norm	0.58	Norm	1.00	Norm
ID18	0.86	Norm	0.60	Norm	0.91	Norm
ID19	1.00	Norm	0.53	Norm	1.00	Norm
ID20	1.00	Norm	0.43	Norm	1.00	Norm
ID21	0.96	Norm	0.60	Norm	1.00	Norm
ID22	0.86	Norm	0.53	Good	0.76	Norm
ID23	0.74	Norm	0.38	Norm	0.61	Good
ID24	0.91	Good	0.42	Norm	0.95	Good
ID25	0.71	Good	0.57	Norm	0.74	Good
ID26	0.79	Good	0.37	Norm	0.92	Good
ID27	0.93	Norm	0.60	Norm	0.80	Norm
ID28	0.89	Norm	0.57	Norm	0.96	Norm
ID29	0.71	Norm	0.60	Norm	0.71	Norm
ID30	1.00	Norm	0.50	Norm	1.00	Norm
ID31	0.85	Norm	0.45	Norm	0.87	Norm
ID32	1.00	Norm	0.60	Norm	1.00	Norm
ID33	1.00	Norm	0.57	Norm	1.00	Norm
ID34	1.00	Norm	0.60	Norm	1.00	Norm
ID35	0.97	Norm	0.58	Norm	0.97	Norm
ID36	1.00	Norm	0.60	Norm	1.00	Norm
ID37	0.93	Norm	0.55	Norm	1.00	Norm
ID38	0.96	Norm	0.59	Norm	0.97	Norm
ID39	0.84	Norm	0.51	Norm	0.90	Norm
ID40	0.75	Norm	0.53	Norm	0.85	Norm
ID41	0.79	Norm	0.39	Good	0.92	Norm
ID42	1.00	Norm	0.44	Norm	1.00	Norm
ID43	1.00	Norm	0.60	Norm	1.00	Norm
ID44	1.00	Norm	0.60	Norm	1.00	Norm
ID45	0.81	Norm	0.60	Norm	0.81	Norm
ID46	1.00	Norm	0.60	Norm	1.00	Norm
ID47	1.00	Norm	0.44	Norm	1.00	Norm
ID48	1.00	Norm	0.60	Norm	1.00	Norm
ID49	0.98	More	0.39	Good	0.91	More
ID50	0.97	Norm	0.57	Norm	1.00	Norm

item1：立位体前屈, item2：伏臥上体そらし, item3：開眼片足立ち, Grade：メンバーシップ値, Label：評価ラベル (Good (十分優れています), Norm (普通です), More (もう少し努力しましょう))

item4：握力 (右), item5：握力 (左), item6：背筋力, Grade：メンバーシップ値, Label：評価ラベル (Good (十分優れています), Norm (普通です), More (もう少し努力しましょう))

表5：ファジイ評価3

	Item7		Item8		Item9	
	Grade	Label	Grade	Label	Grade	Label
ID1	0.47	More	0.77	Good	0.63	Good
ID2	0.37	Good	0.72	Norm	0.68	Good
ID3	0.80	Norm	0.70	Norm	0.97	Norm
ID4	0.80	Norm	0.80	Norm	1.00	Norm
ID5	0.80	Norm	0.80	Norm	1.00	Norm
ID6	0.80	Norm	0.80	Norm	1.00	Norm
ID7	0.80	Norm	0.72	Norm	1.00	Norm
ID8	0.89	Norm	0.68	Norm	0.80	Norm
ID9	0.40	Good	0.62	More	0.78	More
ID10	0.40	Good	0.80	More	0.80	More
ID11	0.77	Norm	0.75	Norm	0.97	Norm
ID12	0.98	Good	0.71	Norm	0.82	Good
ID13	0.75	Norm	0.78	Norm	0.89	Norm
ID14	0.75	Norm	0.80	Norm	0.95	Norm
ID15	0.80	Norm	0.80	Norm	1.00	Norm
ID16	0.68	Norm	0.78	Norm	0.82	Norm
ID17	0.80	Norm	0.76	Norm	1.00	Norm
ID18	0.72	Norm	0.71	Norm	0.92	Norm
ID19	0.80	Norm	0.73	Norm	1.00	Norm
ID20	0.79	Norm	0.64	Norm	0.89	Norm
ID21	0.76	Norm	0.80	Norm	0.96	Norm
ID22	0.40	Good	0.56	Norm	0.66	Norm
ID23	0.51	Norm	0.89	Norm	0.72	Norm
ID24	0.35	Norm	0.64	Good	0.71	Good
ID25	0.68	Norm	0.63	Norm	0.74	Norm
ID26	0.51	Norm	0.73	Good	0.67	Norm
ID27	0.73	Norm	0.80	Norm	0.93	Norm
ID28	0.73	Norm	0.77	Norm	0.89	Norm
ID29	0.80	Norm	0.80	Norm	0.71	Norm
ID30	0.80	Norm	0.70	Norm	1.00	Norm
ID31	0.59	Norm	0.77	Norm	0.79	Norm
ID32	0.80	Norm	0.80	Norm	1.00	Norm
ID33	0.80	Norm	0.77	Norm	1.00	Norm
ID34	0.80	Norm	0.80	Norm	1.00	Norm
ID35	0.80	Norm	0.75	Norm	1.00	Norm
ID36	0.80	Norm	0.80	Norm	1.00	Norm
ID37	0.88	Norm	0.80	Norm	0.90	Norm
ID38	0.77	Norm	0.77	Norm	0.98	Norm
ID39	0.74	Norm	0.89	Norm	0.86	Norm
ID40	0.62	Norm	0.71	Norm	0.81	Norm
ID41	0.43	Norm	0.75	Norm	0.71	Norm
ID42	0.74	Norm	0.70	Norm	0.94	Norm
ID43	0.80	Norm	0.80	Norm	1.00	Norm
ID44	0.80	Norm	0.80	Norm	1.00	Norm
ID45	0.80	Norm	0.73	Norm	0.88	Norm
ID46	0.80	Norm	0.80	Norm	1.00	Norm
ID47	0.80	Norm	0.64	Norm	1.00	Norm
ID48	0.80	Norm	0.80	Norm	1.00	Norm
ID49	0.39	Good	0.70	More	0.78	More
ID50	0.77	Norm	0.76	Norm	0.97	Norm

表6：ファジイ評価4

	Item10		Item11		Item12	
	Grade	Label	Grade	Label	Grade	Label
ID1	0.64	Norm	0.73	Norm	0.57	More
ID2	0.43	Norm	0.79	Norm	0.32	More
ID3	0.55	Norm	0.92	Norm	0.60	Norm
ID4	0.60	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID5	0.60	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID6	0.60	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID7	0.52	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID8	0.48	Norm	0.88	Norm	0.52	Norm
ID9	0.52	Norm	0.98	More	0.40	Good
ID10	0.40	More	1.00	More	0.40	Good
ID11	0.68	Norm	1.00	Norm	0.57	Norm
ID12	0.43	Norm	0.78	Norm	0.38	More
ID13	0.59	Norm	0.92	Norm	0.55	Norm
ID14	0.60	Norm	0.95	Norm	0.60	Norm
ID15	0.60	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID16	0.60	Norm	0.88	Norm	0.50	Norm
ID17	0.56	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID18	0.55	Norm	0.88	Norm	0.60	Norm
ID19	0.53	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID20	0.44	Norm	1.00	Norm	0.59	Norm
ID21	0.60	Norm	0.97	Norm	0.60	Norm
ID22	0.33	Good	0.86	Norm	0.40	Good
ID23	0.45	Norm	0.84	Good	0.38	Norm
ID24	0.46	Norm	0.91	Good	0.30	More
ID25	0.58	Norm	0.82	Good	0.53	Norm
ID26	0.37	Norm	0.89	Good	0.40	Norm
ID27	0.60	Norm	0.80	Norm	0.53	Norm
ID28	0.57	Norm	0.89	Norm	0.60	Norm
ID29	0.60	Norm	0.71	Norm	0.60	Norm
ID30	0.50	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID31	0.47	Norm	0.87	Norm	0.43	Norm
ID32	0.60	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID33	0.57	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID34	0.60	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID35	0.58	Norm	0.97	Norm	0.60	Norm
ID36	0.60	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID37	0.58	Norm	0.93	Norm	0.55	Norm
ID38	0.58	Norm	0.96	Norm	0.59	Norm
ID39	0.51	Norm	0.87	Norm	0.57	Norm
ID40	0.53	Norm	0.85	Norm	0.43	Norm
ID41	0.49	Norm	0.88	Norm	0.39	Good
ID42	0.50	Norm	1.00	Norm	0.54	Norm
ID43	0.60	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID44	0.60	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID45	0.60	Norm	0.81	Norm	0.60	Norm
ID46	0.60	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID47	0.44	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID48	0.60	Norm	1.00	Norm	0.60	Norm
ID49	0.42	Norm	1.00	More	0.39	More
ID50	0.56	Norm	1.00	Norm	0.57	Norm

item7：たち幅跳び, item8：ソフトボール投げ, item9：シャトルラン, Grade：メンバーシップ値, Label：評価ラベル (Good (十分優れています), Norm (普通です), More (もう少し努力しましょう))

item10：腹筋, item11：50m走, item12：1500m, 1000m走, Grade：メンバーシップ値, Label：評価ラベル (Good (十分優れています), Norm (普通です), More (もう少し努力しましょう))

4. ファジィ理論を用いた評価と従来の評価の比較

従来の評価では、平均値と標準偏差から三段階や五段階の評価を行うことが多い。一般的な三段階、五段階評価は平均値と標準偏差を基準に求められる。本研究では三段階評価を用いているので、一般的な三段階評価を当てはめてみると、

1. 努力しましょう (More)

$$X < \bar{X} - \sigma$$

2. 普通です (Norm)

$$\bar{X} - \sigma \leq X < \bar{X} + \sigma$$

3. 十分優れています (Good)

$$X \geq \bar{X} + \sigma$$

となる。この三段階評価を用いて、ファジィ評価と同様に、被験者一人一人を評価したの結果をファジィ評価と共に図10から図13に示した。従来法では、平均値と標準偏差を基準としているので、正しく三段階に評価することができない(度数が0の項目が見られる)。これに対して、ファジィ評価は分布に歪みが見られても正しく三段階に評価を行うことが可能である。しかも、各評価に対してグレードとしてメンバーシップ値を割り当てているので、さらにきめの細かい評価が可能である。

図10：ファジィ評価法と従来評価法の比較 1

item1：立位体前屈，item2：伏臥上体そらし，item3：開眼片足立ち，評価ラベル（Good（十分優れています），Norm（普通です），More（もう少し努力しましょう）

V. まとめ

本研究では、分布が一樣でないMR者の特性と人間に内在する曖昧さを考慮し、スポーツ教育に対するファジィ理論を用いた体力評価の方法の有効性を示した。まとめると、MR者の運動能力の特性は、

1. MR者の運動能力は、一般人に比べると値は低い項目が多い。
2. MR者の運動能力の分布特性は、正規分布をしているとは言えない。

図11：ファジィ評価法と従来評価法の比較 2

item 4：握力（右），item 5：握力（左），item 6：背筋力，評価ラベル（Good（十分優れています），Norm（普通です），More（もう少し努力しましょう）

図12：ファジィ評価法と従来評価法の比較 3

item7：たち幅跳び，item8：ソフトボール投げ，item 9：シャトルラン，評価ラベル（Good（十分優れています），Norm（普通です），More（もう少し努力しましょう）

図13：ファジイ評価法と従来評価法の比較 4

item10：腹筋，item11：50m走，item12：1500m，1000m走，評価ラベル（Good（十分優れています），Norm（普通です），More（もう少し努力しましょう）

というものであり，現在用いられている正規分布を仮定した分析評価は，適切で無いことが示された。そこで，本研究では，ファジイ理論に基づいた運動能力の分析・評価方法を提案した。従来法との比較を行った結果，分布の歪みや尖りに関係なく評価できるので，

3. MR者の運動能力を分析するには，ファジイ理論を用いた方法が有効であった。

4. MR者の運動能力を評価するために，ファジイ理論を用いた評価方法が有効であった。

という結果が得られた。

今後の課題としては，

- ・運動能力だけでなく，動作の分析へのファジイ理論の適用
- ・ファジイ理論を用いた身体能力の改善の可能性の定量化
- ・人間の主観を取り入れた身体運動の評価
- ・MR者の特性を考慮した測定方法の開発
- ・MR者と健常者を統合した評価方法の開発
- ・曖昧な多変量の合成
- ・ニューラルネットワークとの結合

などが考えられる。

本研究を進めるにあたり，筑波大学体育科学系浅見高明教授，筑波大学構造工学系安信誠二教授，両教授に多大なるご指導を賜りました。ここに深く感謝致します。

文 献

- 1) 浅野勝己，熊谷秋三，長友睦美，松坂晃，平木場浩二，加藤晋一（1977），精神遅滞者の走行トレーニングの有気的作業に及ぼす影響に関する研究．筑波大学体育科学系紀要：6，pp.133-145.
- 2) E. Bundschuh, and K. Cureton (1982), Effect of bicycle Ergometer Conditioning on the Physical Work Capacity of Mentally Retarded Adolescent. American Corrected Therapy Juornal : 36, pp. 159-163.
- 3) B. Fernhall (1993), Physical Fitness and Exercise Trainingng of Individuals with Mental Retardation. Medicine and Science in Sports and Exercise : pp443-448.
- 4) B. Fernhall, G. T. Tymeson and G. E. Webster (1989), Cardiovascular Fitness of Mentally Retarded Individuals. Adapted Physical Education Quarterly : 5, pp12-22.
- 5) 芳賀脩光，宮下充正，柿崎恭子，加藤洋一，山中邦夫，植屋悦男，柿崎徳衛，平井淳，芳賀登，大石三四郎（1985），精神遅滞者の全身持久性トレーニング効果についての検討．筑波大学体育科学系紀要：8，pp181-191.
- 6) 波多野義郎（1976），正常児に比べた精神薄弱児の調整的運動能力に関する研究．体育科学：4，pp.170-179.
- 7) 廣田 薫（1985），あいまい制御 知能ロボット．マグロウヒルブック：東京.
- 8) 猪飼道夫（1973），身体運動の生理学．杏林書院：東京.
- 9) 水野康弘，矢部京之助（1982），重度精神遅滞児に見られる運動学習の遅れ．体育の科学：32（4），pp.275-281.
- 10) W. L. Sengstock (1964), Physical Fitness of Retarded Boy. The Research Quartely : 37, pp113-120.
- 11) 田中一男（1991），応用をめざす人のためのファジイ理論入門ーファジイ集合からファジイ制御までー．ラッセル社：東京.

- 12) 東京都立大学体育学研究室編 (1989), 日本人の体力標準値第四版. 不昧堂: 東京.
- 13) 安信誠二 (1991), ファジィ工学. 昭晃堂: 東京.
- 14) 矢部京之介, 三田勝己, 青木久, 西村辨作, 水野真由美, 若林慎一郎 (1979), 精神遅滞児と自閉症児の体力・運動能力, 体育の科学, 29 (10), pp. 740-743.
- 15) L. A. Zadeh (1965), Fuzzy Sets, Information and Control: vol. 8, pp. 338-353.
- 16) L. A. Zadeh (1973), Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Process, IEEE: SMC-3 P No. 1, pp. 28-44.

平成7年7月7日受理