

2008年度 修士論文

野球競技のバッティングにおける  
タイミング調節運動

Analysis of the timing adjustment  
in baseball batting

早稲田大学 大学院スポーツ科学研究科  
スポーツ科学専攻 身体運動科学研究領域

5007A040-5

茶川 剛史

Takeshi Chagawa

研究指導教員： 彼末 一之 教授

## 野球競技のバッティング動作におけるタイミング調節運動

身体運動科学領域

5007A040-5 茶川剛史

研究指導教員：彼末一之教授

**【序論】** 野球のバッティングでは、投げられたボールをバットで正確に、強く打つことが求められる。スイングの正確性には、ボールが飛来する空間に合わせ、バットを正確な位置に運んでくる空間的正確性と、投げられたボールの到達時間を予測し、適切な時間にインパクト位置までバットを持ってくる時間的正確性の2種類が揃わなければならない。大室ら(2004)は、投球に対するバッティング動作の再現性の研究で、空間的再現性と時間的再現性は別の能力であると報告している。バッティングパフォーマンス向上には、タイミングを合わせる事が重要であるとされている。過去に試合での打撃動作を分析した研究は少ないことから、本研究では試合で打者が、異なる速度の投球に対してどのような動作で時間調節しているのか明らかにする。

**研究 1.** : 研究 1 では打撃動作を「スタンス」、「テイクバック」、「ステップ」、「スイング」、「フォロースルー」の5つの局面に分けて解析した。タイミングには「テイクバック」と「ステップ」動作が関係することから、その2局面の動作を主な分析対象としてすすめた。

**分析対象者** : プロ野球選手 7 名(AO,AK,O,K,NZ,NM,MM)と大学野球部員 5 名(U,HY,M,H,UD)、計 12 名である。

公式戦の打者、投手の動作を側方からハイスピードカメラで動作を同期撮影した。

**分析項目** : 撮影した映像から打者の各動作局面開始時間を、ボールリリースを基準(ボールリリース=0 秒)として算出した。解析した打者の各動作局面を以下に記す。

- ・ 捕手方向身体移動(BH)
- ・ 投手方向身体移動(FH)
- ・ ステップ足つま先着地(TL)
- ・ ステップ足踵着地(HL)
- ・ 投手方向グリップ移動(FG)
- ・ インパクト(I)

**【結果】** **ボールリリース前の打撃動作開始時間(BH、FH)** : プロ、大学生選手とも BH より FH の標準偏差の値は小さかった。

**ボールリリース後の打撃動作(TL、HL、FG、I)** : AK 選手にはつま先着地時間と球速に負の相関が認められた( $r=-0.725$ ,  $p<0.01$ )が、他の選手には認められなかった。H、NM の 2 選手には、リリースから、踵着地までの平均時間に球速との負の相関(H 選手 :  $r=-0.739$ ,  $p<0.001$ 、NM 選手 :  $r=-0.79$ ,  $p<0.01$ )が認められた。プロ選手 NZ、NM、MM の 3 選手のグリップ移動開始平均時間はそれぞれ 0.23 秒、

0.23 秒、0.26 秒であり、ステップ足のつま先着地前にグリップ移動を開始させていた。大学生でも U(0.23 秒)、M(0.24 秒)の 2 選手が NZ 選手らと同じように、グリップ移動開始の平均時間が、つま先着地の平均時間より早かった。また、U 選手のグリップ移動開始時間は球速と負の相関( $r=-0.72, p<0.001$ )が認められた。

**研究 2.** : 研究 2 では、投手の投げる球種がわかる場合(試行 1)と、分からない場合(試行 2)の、打撃動作の違いを明らかにするため、実験を行った。異なるタイプ(速球派と軟投派)の投手 2 名と大学野球部員 2 名(U, KK)を対戦させた。打者は、試行 1 はストレートのみ、試行 2 ではランダムに投げられるストレートとカーブを打ち返した。分析項目、分析方法は研究 1 と同じ。

**【結果】(試行 1)ボールリリース前の打撃動作開始時間(BH、FH) :** 2 名とも BH より FH の標準偏差の値は小さかった。

**ボールリリース後の打撃動作(TL、HL、FG、I) :** 2 名ともつま先着地時間と球速に負の相関(U 選手  $r=-0.778, p<0.01$

KK 選手:  $-0.939, p<0.001$ )が認められた。踵着地時間と球速にも負の相関が認められた(U 選手  $r=-0.7, p<0.01$  KK 選手  $-0.952, p<0.001$ )。

2 名ともグリップ移動開始時間と球速に負の相関(U 選手  $r=-0.715, p<0.01$  KK 選手  $-0.914, p<0.001$ )が認められた。

**(試行 2) ボールリリース前の打撃動作開始時間(BH、FH) :** 2 名とも BH より FH の標準偏差の値は小さかった。

**ボールリリース後の打撃動作(TL、HL、**

**FG、I) :** KK 選手は踵着地時間と球速に負の相関( $r=0.793, p<0.01$ )が認められた。KK 選手は投手方向グリップ移動開始時間と球速に負の相関( $r=0.718, p<0.01$ )が認められた。

**【考察】 :** 打者は投球動作に対し、テイクバック開始時よりも投手方向への身体移動開始時間をある程度一定にさせている。また、投球に対し打者はステップ足による様々な動作でタイミングを調節している。また、ステップ足の動作で時間調節している選手もいれば、スイングを開始させてからの動作で時間調節している選手もいる。

**【結論】** 本研究の結果ら以下のことが明らかになった。

1. 打者はどの球種が投げられるかわからない場合は打撃動作始動のタイミングを早める。そして、投球動作に対して打撃動作開始局面に比べ、テイクバックから投手方向への身体移動に切り替わる局面を一定にさせている。

2. 打者にはスイング開始前、もしくは開始後にタイミングを合わせるタイプが存在し、後者のタイプが高打率を残す可能性がある。また、高打率を残す打者は本研究で分析した項目とは別の局面で時間調節している可能性がある。

3. ステップ足のつま先、踵をあらかじめ着地させておく打撃動作は、球速予測が外れても球速変化に対応できる可能性がある。反対に、あらかじめつま先を着地させておき、踵を着地させる間に時間を調節する動作は、球速予測が外れた場合、変化に対応できない可能性がある。

## 目次

第 1 章.序論	1
第 2 章.研究 1-方法	4
第 3 章.研究 1-結果	12
第 4 章.研究 1-考察	19
第 5 章.研究 2-方法	23
第 6 章.研究 2-結果	28
試行 1	30
試行 2	31
第 7 章.研究 2-考察	32
第 8 章.総括	34
第 9 章.謝辞	35
第 10 章.参考文献	36
補足資料	
補足資料目次	38
研究 1	39
研究 2	51

## 第 1 章 .序論

野球のバッティングでは、投げられたボールをバットで正確に、強く打つことが求められる。スイングの正確性にはボールが飛来する空間に合わせ、バットを正確な位置に運んでくる空間的正確性と、投げられたボールの到達時間を予測し、適切な時間にインパクト位置までバットを持ってくる時間的正確性の 2 種類が揃わなければならない。

空間的正確性にはバットとボールの上下のインパクト位置が重要である。Adair(1990)はシミュレーションによる結果で、ボールの中心に対してバットの中心が 1.3cm 下に当たるように打った場合に、最も飛距離が出て、それから約 1cm 上下にずれると飛距離が 20% 低下することを示した。また、渋川(1983)は、王貞治選手のホームラン打球を分析し、鉛直方向の打球角度が地面から 35.8deg であったと報告している。バッティングのパフォーマンスを高めるには、バットを常に目標の位置へコントロールできる再現性も求められる。再現性について前田(2001)はティーバッティングでのバット位置の再現性を熟練者と未熟練者で比較し、未熟練者のバット操作の再現性は低く熟練者とは明らかに差があると報告している。Gray(2002)は、バッティングをシミュレーションした実験で、インパクト位置の空間的エラーについて分析し、投球の速度が速くなるとエラーが大きくなると報告している。大室ら(2004)が行った、打球に対するバッティング動作の再現性の研究では、空間的再現性と時間的再現性は別の能力であると述べている。

時間的正確性に関連して、打者は通常、打球に対して振り遅れないように、対戦する投手が投げる最高速度のボールを予測して打撃動作を起こす。そこで、例えば、打者が直球を予測していた場合、直球よりも遅いボールを投げられると、打者は球速変化に合わせて打撃動作を変えて

時間調節しなければならない。川合ら（1997）は異なる速度の投球に対する打撃について初心者と熟練者と比較し、初心者群は打撃動作を起こすのが遅いため、ステップを開始してから着地するまでの動作のみで投球に対応していると報告している。したがって、初心者群は調節できる時間が短い為、タイミングを合わせるのが困難であると述べている。反対に経験者群は早めに打撃動作を開始し、ステップした足を着地させ、スイングの為の準備をし、スイング開始の時期を調節し、様々な投球に対応している。石田ら（2000）は最大努力でバットスイングした場合でも、インパクト前 0.077 秒～0.154 秒前まではバットの運動を調節できると述べている。また、投手の投げたボールが打撃位置に到達するまでの時間は約 0.5 秒で、スイングに要する時間は約 0.2 秒前後であるので（平野ら 1984）、打者が予測に利用できる時間はボールリリースから約 0.3 秒であると考えられる。しかし、高いレベルの試合では投球速度は 140km/h(40m/s)に達し、さらに投手のボールリリース位置は 1.5m ほど前であるのでボール到達時間はさらに短く、0.4 秒強になると考えられる。

大島ら（2007）は投球に緩急をつけられた場合の、打者の対応方法を調べるため、LED を用いて実験している。点灯している LED が消えたらテイクバックを開始し、LED が再点灯した瞬間にスイングをしろという教示を与えた。消灯から再点灯するまでの時間を変え、速球と遅球に見立てた。その結果、ステップ足のつま先を着地させるまでの時間を変えている者、ステップ足のつま先を着地させてから踵を着地させるまでの時間を変えている者、ステップ幅とつま先を着地させるまでの時間を変えている者の 3 タイプがいたと述べている。

打者は幅 43.178cm(硬式球約 6 個分)のホームベース上を通過するボー

ルを打たなければならないが、バットを運ぶ位置が適切でも、タイミングが合わないと強い打球は打てない。タイミングを合わせることは、異なる速度の投球に対し、時間を調節することであると考えられる。しかし、過去の研究ではピッチングマシンや LED を用いて研究が行われており、実投球されたものを研究対象としているものは見あたらない。そこで、本研究では打者が実投球された異なる球速のボールを打つ場合に、どのような打撃動作で時間調節しているのかを明らかにするために、2種類の研究を行った。研究 1では実際の大学野球、プロ野球の試合で撮影した映像を分析した。研究 2では練習場でストレートのみ、ストレートとカーブのみといった簡単な条件で投手と打者を対戦させ、その時の打撃動作を解析した。

## 第 2 章.研究 1-方法

研究 1 では打撃動作を「スタンス」、「テイクバック」、「ステップ」、「スイング」の 4 局面に分けて解析した。

- ・スタンス：打者が投手の投球に備え、身構えている局面。
- ・テイクバック：投手方向に脚を踏み出す前に軸足に体重を乗せる。  
身体を捕手方向に移動させる局面。
- ・ステップ：捕手方向に移動させた身体を投手方向に移動させ、投手側の脚を踏み出す局面。
- ・スイング：バットを振り始めてからインパクトまでの局面。

タイミングをとる動作とは「テイクバック」から「ステップ」の部分が関係する。そこで、研究 1 では大学生とプロ野球選手の打撃映像から「テイクバック」と「ステップ」動作を主な分析対象として進めていく。



図1 打者のスタンス局面の投手と打者の  
連続写真(上から下へ 30msec 毎)

実際の試合の映像より作成



図2 左段 打者のテイクバック局面の投手と打者の連続写真(上から下へ 30msec 毎)。実際の試合の映像より作成



図3 右段 打者のステップ局面における投手方向身体移動時の連続写真(上から下へ 30msec 毎)。実際の試合の映像より作成



図4 左段 打者のステップ局面におけるステップ足つま先着地から踵着までの連続写真(上から下へ5msec 毎)。実際の試合の映像より作成



図5 右段 スイング局面におけるスイング～インパクト～フォロースルーまでの連続写真(上から下へ30msec 毎)。実際の試合の映像より作成

#### 1) 分析対象者

分析対象者は現役プロ野球選手 7 名 (AO、AK、O、K、NZ、NM、MM 選手、身長平均  $177.4 \pm 3.8\text{cm}$ 、体重平均  $84.4 \pm 8.1\text{kg}$ 、 $27.4 \pm 3.5$  歳) と現役大学野球部員 5 名 (U、HY、M、H、UD 選手、身長平均  $178.2 \pm 4.3\text{cm}$ 、体重平均  $76.2 \pm 4.4\text{kg}$ 、年齢平均  $21.2 \pm 1.1$  歳) である。対象者の 12 名は、プロ、大学野球界でそれぞれ実績のある選手である。(巻末資料 55 ページ、表 8)

#### 2) 撮影

早稲田大学野球部東伏見グラウンド、明治神宮野球場、西武ドームの計 3 球場である。大学生は 2008 年夏季オープン戦、2008 年度東京六大学秋季リーグ戦、プロ野球選手は 2008 年度セントラルリーグ公式戦読売ジャイアンツ対東京ヤクルトスワローズ戦、クライマックスシリーズ日本ハムファイターズ対埼玉西武ライオンズ戦の試合をそれぞれ撮影した。

#### 3) 撮影機器

カシオ製のカメラ (HIGH SPEED EXILIM EX-F1、300fps) 2 台を用いた。また、三脚でカメラを固定した。

#### 4) 撮影方法

2 台のカメラをそれぞれ投手用、打者用とし、バッターボックスの側方約 30m の距離から撮影した。撮影映像を同期させるため、同時に点灯する発光ダイオードの光を各カメラに映した。

#### 5) 測定項目

今回の研究では動作の移り変わりを把握でき、各打者に共通して見られる上肢と下肢の動きのうち「テイクバック」「ステップ」「スイング」の以下の様子を表す部分に注目して局面を設定した。テイクバック開始時間は打者の頭部が捕手方向へ動き出した時点 (BH : backward head

movement) とした。また、「ステップ」を投手方向への身体移動、ステップ足つま先着地、ステップ足踵着地の三段階に分けた。投手方向への身体移動開始は打者の頭部が投手方向へ移動し始めた時点(FH:forward head movement) とした。ステップ足つま先着地はテイクバック時に離れたステップ足つま先を地面に着地させた時点(TL:toe landing)、ステップ足踵着地は、つま先同様に踵を地面に着地させた時点(HL:heel landing) とした。そして、ステップ足つま先を着地させてからステップ足の踵を着地させるまでの所要時間(TL~HL)も算出した。スイング開始は、バットのグリップが投手方向へ動いた時点(FG:forward grip movement) とした。インパクトはボールとバットが当たった時点(I:impact) とした。また、空振り時はバットの上、もしくは下をボールが通過した時点を仮の「インパクト」とした。

#### 6) 分析方法

投手が打者に投げた1球につき、打者専用カメラから、打者のBH、FH、TL、HL、TL~HL、FG、I、発光ダイオード点灯、投手専用カメラから投手のボールリリース、発光ダイオード点灯の計10点をQuick Time Player7(APPLE社)を用いて、それぞれのコマ数を算出した。

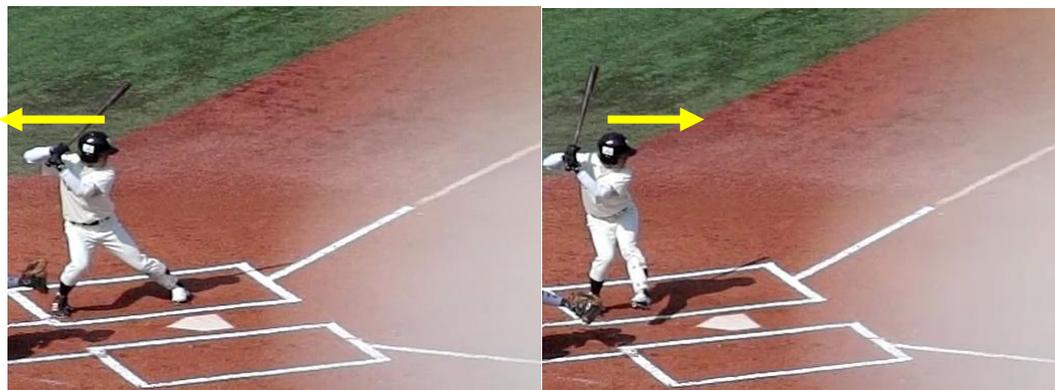


図6 捕手方向頭部移動開始(BH) 図7 投手方向頭部移動開始(FH)



図 8 ステップ足つま先着地(TL)



図 9 ステップ足踵着地(HL)



図 10 投手方向グリップ移動開始(FG)



図 11 インパクト(I)

2台のカメラのフレームレートは 300fps で、1コマは 0.0033 秒である。投手のボールリリース前後における打者の各局面開始時間のコマ数に 0.0033 秒をかけ、投手のボールリリース前後における打者の各動作局面開始時間を算出した。

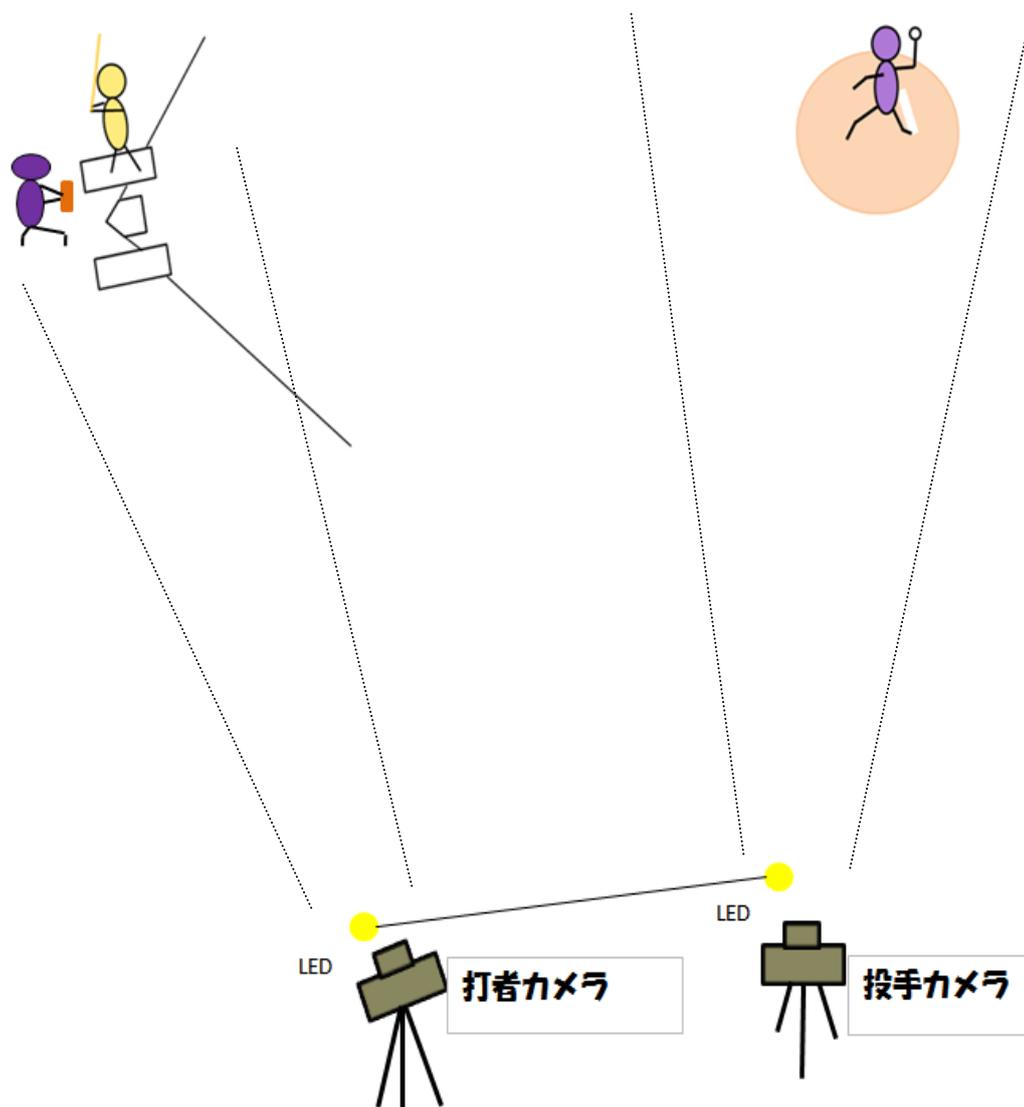


図 12 撮影時のカメラ配置図

### 3 章.研究 1-結果

図 13 には、投手のボールリリース時間を 0 秒とし、各選手のボールリリース前後における打者の各動作局面(捕手方向頭部移動開始：BH、投手方向頭部移動開始：FH、ステップ足つま先着地：TL、投手方向グリップ移動開始：FG、ステップ足踵着地：HL、インパクト：I)の開始平均時間を記した。図 14 に各打者の各動作局面開始時間(AO 選手以外は巻末に記載)を記した。表 1 に全選手各動作局面開始時間を平均時間±標準偏差で記した。また、表 2 にピアソンの積率相関係数を、表 3 に有意水準を記した。

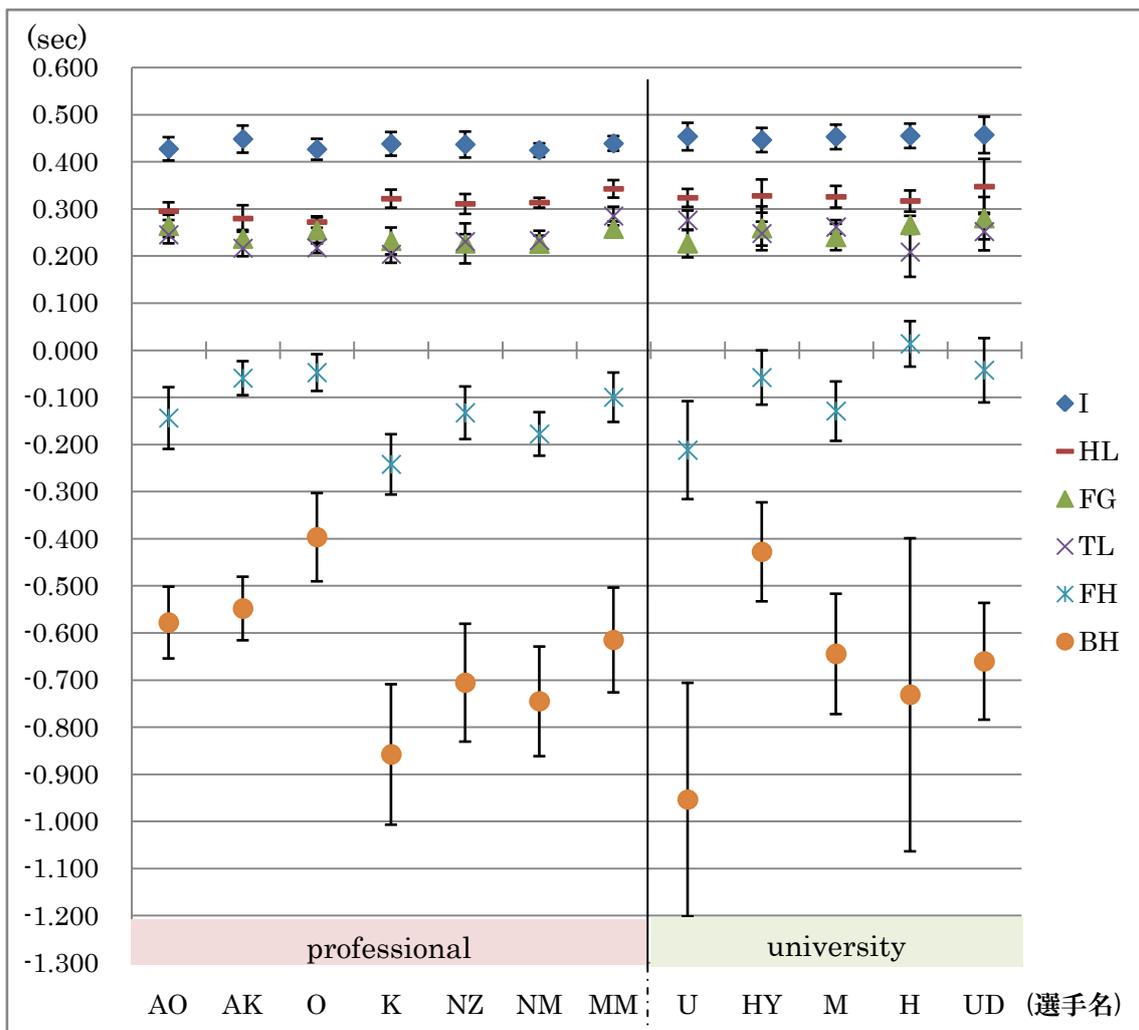


図 13 全選手各動作局面開始時の平均時間

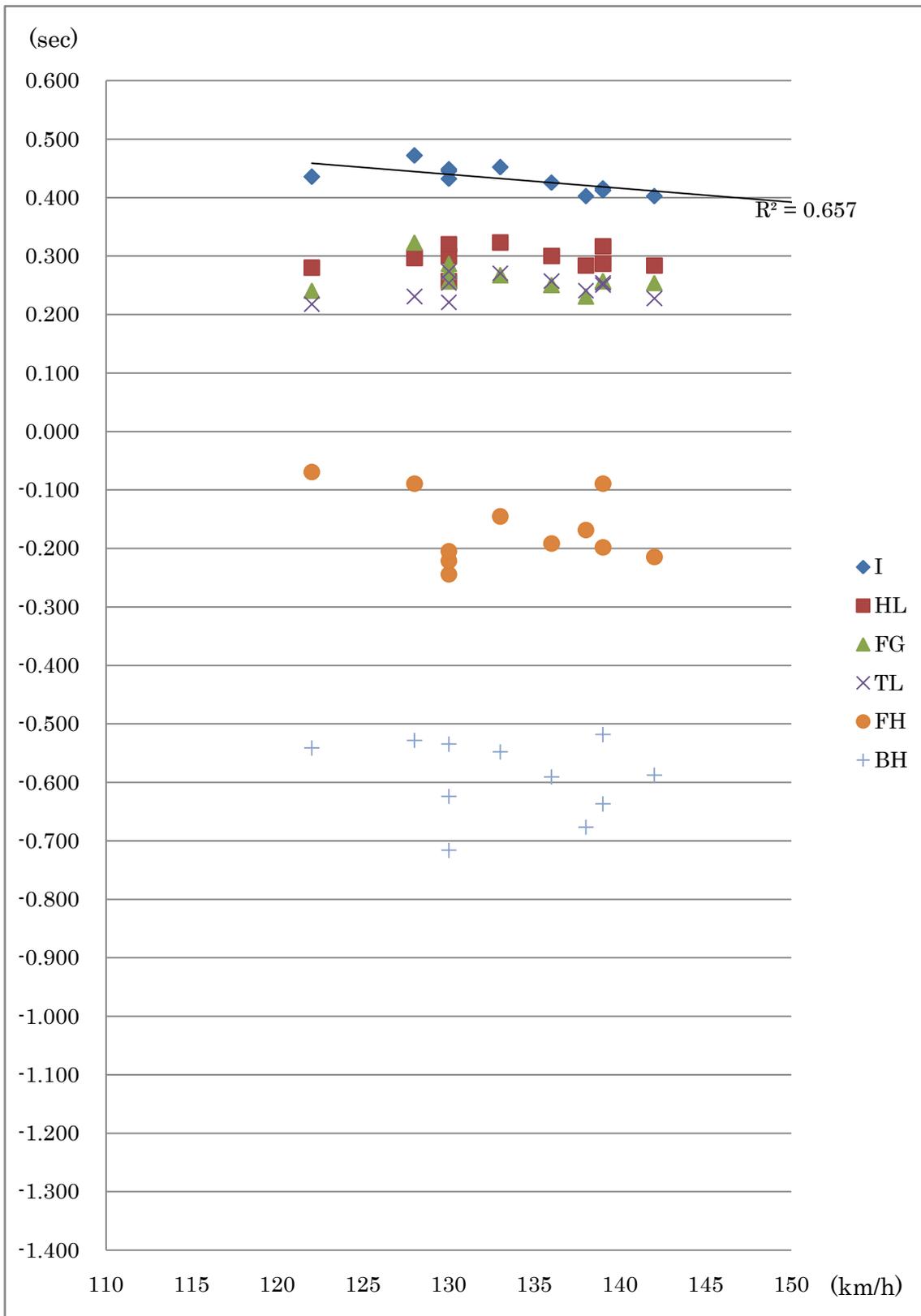


図 14 AO 選手 インパクト時総合

表 1 全選手各動作局面開始時間(平均±標準偏差)

選手	BH	FH	TL	HL	FG	I	TL~HL	所属
AO	-0.58 ±0.08	-0.14 ±0.07	0.25 ±0.02	0.30 ±0.02	0.26 ±0.02	0.43 ±0.03	0.05 ±0.01	NPB
AK	-0.55 ±0.07	-0.06 ±0.04	0.22 ±0.08	0.28 ±0.03	0.24 ±0.02	0.49 ±0.03	0.06 ±0.03	
O	-0.40 ±0.09	-0.05 ±0.04	0.22 ±0.01	0.27 ±0.01	0.26 ±0.03	0.43 ±0.02	0.06 ±0.02	
K	-0.86 ±0.15	-0.24 ±0.06	0.20 ±0.02	0.32 ±0.02	0.23 ±0.03	0.44 ±0.03	0.19 ±0.02	
NZ	-0.71 ±0.13	-0.13 ±0.06	0.23 ±0.02	0.31 ±0.02	0.23 ±0.04	0.44 ±0.03	0.08 ±0.02	
NM	-0.75 ±0.12	-0.19 ±0.05	0.23 ±0.02	0.31 ±0.01	0.23 ±0.02	0.43 ±0.01	0.09 ±0.01	
MM	-0.62 ±0.11	-0.10 ±0.05	0.29 ±0.02	0.34 ±0.02	0.26 ±0.02	0.44 ±0.02	0.06 ±0.01	
U	-0.90 ±0.25	-0.20 ±0.1	0.28 ±0.02	0.32 ±0.02	0.23 ±0.03	0.45 ±0.03	0.05 ±0.02	大学
HY	-0.43 ±0.11	-0.06 ±0.06	0.25 ±0.03	0.33 ±0.04	0.26 ±0.05	0.45 ±0.03	0.08 ±0.03	
M	-0.64 ±0.13	-0.13 ±0.06	0.26 ±0.02	0.33 ±0.02	0.24 ±0.03	0.45 ±0.03	0.06 ±0.02	
H	-0.73 ±0.33	0.01 ±0.05	0.21 ±0.05	0.32 ±0.02	0.27 ±0.02	0.46 ±0.03	0.11 ±0.05	
UD	-0.66 ±0.12	-0.04 ±0.07	0.25 ±0.04	0.35 ±0.06	0.28 ±0.05	0.46 ±0.04	0.01 ±0.06	

表 2 各動作局面と球速の相関係数

	TL	HL	FG	I
AO	0.148	0.043	-0.191	-0.811
AK	-0.725	-0.619	-0.732	-0.955
O	0.412	-0.077	-0.369	-0.573
K	-0.379	-0.596	-0.404	-0.892
NZ	-0.511	0.025	-0.288	-0.940
NM	-0.631	-0.791	-0.566	-0.902
MM	-0.072	-0.568	-0.468	-0.900
U	-0.361	-0.588	-0.685	-0.953
HY	-0.324	-0.232	-0.403	-0.801
M	-0.308	-0.573	-0.645	-0.894
H	-0.597	-0.739	-0.697	-0.911
UD	0.386	-0.322	-0.651	-0.858

表 3 各動作局面と球速の相関係数による有意水準

	TL	HL	FG	I
AO				p<0.05
AK	p<0.05	p<0.05	p<0.05	p<0.05
O				
K		p<0.05		p<0.05
NZ	p<0.05			p<0.05
NM	p<0.05	p<0.05		p<0.05
MM				p<0.05
U		p<0.05	p<0.05	p<0.05
HY			p<0.05	p<0.05
M		p<0.05	p<0.05	p<0.05
H	p<0.05	p<0.05	p<0.05	p<0.05
UD	p<0.05		p<0.05	p<0.05

#### 捕手方向頭部移動開始時間

打者は投手の投球動作に合わせて打撃動作を開始しなくてはならない。テイクバック開始の捕手方向頭部移動開始時間は、打撃動作の開始局面である。捕手方向頭部移動は全選手、ボールリリース約1秒前までに始めている。U選手は捕手方向頭部移動開始時間の平均が-0.90秒で、全選手の中で一番早く打撃動作を始動していた。次いでK選手-0.86秒である。映像で見ても、U、Kの2選手は他の選手よりも捕手方向への移動開始時間が早いと分かる程であった。一番遅い選手はO選手-0.4秒である。

#### 投手方向頭部移動開始時間

テイクバック動作から、ステップ動作へ移行する局面である。打者はテイクバックで身体を捕手方向へ移動させた後、投手方向へ身体を移動させてスイングする。現場でよくいわれる「打ちに行く動作」の開始が、この局面である。頭部移動の平均時間から見ると、大部分の選手で、ボールリリース前すでに移動を開始している。K選手-0.24秒で一番早くテイクバック動作からステップ動作に切り替えていた。次いでU選手-0.20秒である。このことから、打撃動作におけるスイングまでの「助走動作」時間はU、Kの2選手が長かった。唯一、H選手のみボールリリース後に頭部の移動が始まっていた。HY、UDの2選手は、平均時間ではそれぞれ-0.06秒、-0.04秒であったが、ボールリリース後に投手方向への頭部移動を行っていた打席もあった。

どの選手も投手方向頭部移動開始時間の標準偏差の値が、捕手方向移動開始時間の標準偏差の値よりも小さくなっている。

#### ステップ足つま先、踵着地

野球のバッティングではステップの着地にあわせてグリップ速度が

急増し、また、ステップをして打つと、からだの運動量がより大きくなり、次の腰の回転が容易になって、スイング時間が短くなる(平野 1992)。よって、いつステップ足を着地させるかが、バッティングにおいて重要であると考えられるが、本研究では、ステップ足つま先着地よりも先にスイングを開始している選手がいた。

全体でボールリリース後 0.2 秒未満にステップ足つま先を着地させた選手はいない。ステップ足つま先着地の平均時間で一番早かったのは、K 選の 0.20 秒である。次いで H 選手 0.21 秒である。H 選手はステップ足つま先着地と球速に負の相関が認められた( $r=-0.597, p<0.05$ )。H 選手に次ぐのは AK 選手 0.22 秒、NZ 選手、NM 選手 0.23 秒であり、この 3 選手にはステップ足つま先着地と球速に負の相関が認められた(AK :  $r=-0.725, p<0.05$  NZ :  $r=-0.551, p<0.05$  NM :  $r=-0.631, p<0.05$ )。

ステップ足踵着地平均時間は O 選手の 0.27 秒が一番早かった。次いで AK 選手 0.28 秒、AO 選手 0.30 秒である。AK 選手には踵着地時間と球速に負の相関が認められた( $r=-0.619, p<0.05$ )。AK 選手以外にも NM、H、K、U、M の 5 選手に踵着地時間と球速に負の相関が認められた(NM :  $r=-0.791, p<0.05$  H :  $r=-0.739, p<0.05$  K :  $r=-0.596, p<0.05$  U :  $r=-0.588, p<0.05$  M :  $r=-0.573, p<0.05$ )。AK、NM、H 選手はつま先着地、踵着地それぞれと球速に負の相関が認められた。逆に AO、O、MM 選手はつま先着地、踵着地それぞれと球速に負の相関が認められなかった。また、K 選手と H 選手の踵着地時間からつま先着地時間の差の平均時間はそれぞれ、0.19 秒、0.11 秒である。K、H の 2 選手は、打撃動作中につま先立ちの姿勢でいる時間が長い。

#### 投手方向グリップ移動、インパクト

投手方向へのグリップ移動はフォワードスイングの開始局面である。

グリップ移動開始平均時間は、どの選手も全体的にボーリリリース後 0.2 秒台でグリップ移動開始が見られた。プロ選手 NZ、NM、MM の 3 選手のグリップ移動開始平均時間はそれぞれ 0.23 秒、0.23 秒、0.26 秒であり、ステップ足のつま先着地前にグリップ移動を開始させていた。大学生でも U(0.23 秒)、M(0.24 秒)の 2 選手が NZ 選手らと同じように、グリップ移動開始平均時間が、つま先着地の平均時間より早かった。また、グリップ移動開始平均時間がつま先着地平均時間よりも早い選手の中で、U、M の 2 選手はグリップ移動開始時間と球速に負の相関が認められた (U :  $r=-0.72, p<0.05$  M :  $r=-0.645, p<0.05$ )。

インパクト時間は O 選手を除いた全ての選手に球速と負の相関が認められた。

## 第4章.研究1-考察

### 投手のボールリリース前

#### ・捕手方向頭部移動開始時間

U選手の捕手方向頭部移動開始平均時間は12選手中、一番早かった。小田ら(1991)はティーバッティング試行による実験から、バックスイング期において打球と反対方向の重心移動距離の全移動幅に対する割合が大きい打者は、スイング速度および打球速度が大きかったと報告している。本研究では距離や速度等の値を算出していないため深く議論はできないが、U選手は身長170cm、体重70kgという野球選手としては小柄な体格であることからスイング速度を稼ぐために捕手方向頭部移動開始時間を早めていると考えられる。また、K選手もU選手と似たタイミングで捕手方向への移動を開始していた。これは、K選手はプロ野球界でも大柄な体格ではないため、U選手と同様の理由が考えられる。

#### ・投手方向頭部移動開始時間

大学生では、HY、H、UDの3選手が、投手のボールリリース後に投手方向頭部移動を行っていた打席がいくつか見られたのに対し、プロ選手は、全員が全球、投手方向頭部移動開始を投手のボールリリース前に行っていた。これは、プロでは対戦投手が投げる投球の最高速度がアマチュアのものに比べて速いため、直球に対して常にいつでもステップを踏み、スイングできる体勢を整えるためだと考えられる。

HY、UD選手には、ボールリリース後に投手方向頭部移動を開始していた打席がいくつか見られたが、ほとんどは、プロ選手らと同じく、ボールリリース前に行っていた。H選手は、半分以上の打席で投手方向頭部移動をボールリリース後に行っていた。これは、いわゆる「打ちにくい」動作が遅く、速球に対して振り遅れる可能性がある。今後、H選手

タイプのデータを集め、速球に対するバッティングパフォーマンスを検討する必要がある。

どの選手も捕手方向より投手方向頭部移動開始時間の標準偏差の値が小さかった。鋭いスイングには投手方向への身体移動が必要不可欠であり、今回の結果から投手方向への身体移動開始時間はある程度一定であることが望ましいといえるだろう。

#### 投手のボールリリース後

・ステップ足のつま先、踵着地、投手方向グリップ移動開始

ステップ足つま先、踵着地、投手方向グリップ移動開始の中のいずれかの項目で球速と負の相関が認められた選手が 9 名、そうでない選手が 3 名存在した。その結果を元に選手を 4 タイプに分けて考察する。

タイプ 1: ステップ足のつま先をあらかじめ着地させておき、球速に合わせて踵を着地させるまでの時間を変える。

タイプ 2: 球速に合わせてステップ足のつま先を着地させる。

タイプ 3: ステップ足のつま先と踵は球速に関係なく着地させるが、投手方向へのグリップ移動開始時間(スイング開始時間)を球速に合わせる。

タイプ 4: タイプ 1 から 3 にあてはまらないもの

#### 【タイプ 1】

K、U、M の 3 選手は踵着地時間と球速に負の相関が認められたことから、あらかじめ球速に関係なくステップ足のつま先を地面に着地させておき、速球であれば早く踵を着地させ遅球ならば踵を遅く着地させる動作で時間調節していると考えられる。U、M は投手方向グリップ移動開始と球速にも相関が認められ、また、グリップ移動がつま先着地より

先行して行われている(表 1)ことからスイング開始を球速に合わせ、ステップ足でも時間調節をするという動作を行っている。

### 【タイプ 2】

AK、NM、の 2 選手はつま先着地、踵着地両方にそれぞれ球速と負の相関が認められたことから、ステップ足のつま先を着地させてから踵を着地させるまでの時間は一定で、ステップ足のつま先を着地させるまでの時間で球速に対応している(図 14)。川合ら(1997)はこのタイプの選手を初心者群としていた。しかし、プロ選手がこの動作を用いていることから熟練者による打撃動作の一つとして考えられる。H 選手は AK 選手らと同様につま先、踵着地と球速に負の相関が認められたが、踵着地とつま先着地の差の平均時間と標準偏差値が比較的長いことからつま先着地後の踵を踏みしめる動作でも時間を調節している可能性がある。

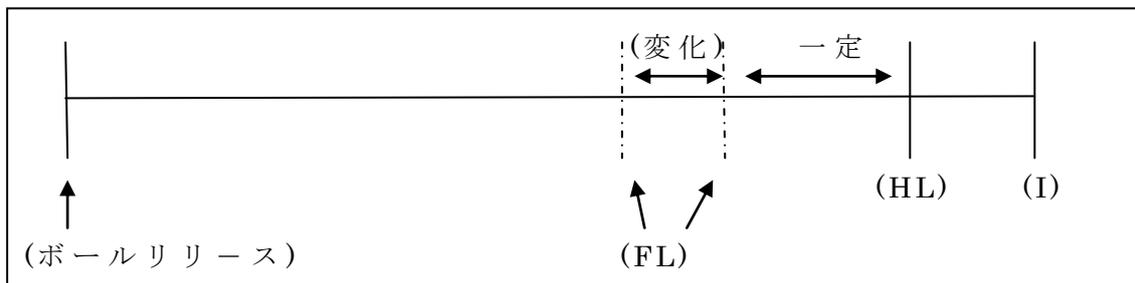


図 15 タイプ 2 の選手によるステップ足の動作

### 【タイプ 3】

HY、UD の 2 選手は球速に関係なくステップ足のつま先、踵を着地させるが、投手方向へのグリップ移動開始時間は球速に対応させていた。グリップ移動開始時間に注目すると AK 選手と大学生全員に球速と負の相関が認められた。前田(2007)はランダムにボールを投げられる時、インパクト直前に投球コースに応じてバットを操作しており外角球はインパクト時間を遅めに、内角球はインパクト時間を早めに行っていると報告している。今回、球速と投手方向グリップ移動に負の相関が認められな

かった選手はスイング開始時間をある程度一定にし、インパクト直前でバットを調整している可能性がある。この点がプロ選手に多く見られ、大学生には見られなかったことから、プロ選手の特徴であるといえるかもしれない。

#### 【タイプ 4】

AO、O、MM 選手は上記 3 項目において球速と負の相関が認められなかったことから、よりインパクトに近い局面で球速変化に対応していると考えられる。しかし、AO、MM 選手と O 選手は球速変化に対し別の対応方法を用いている可能性がある。それは、O 選手はインパクト時間と球速に負の相関が認められなかったことによる。例えば O 選手は直球狙いで打撃動作を開始しスイングを行うが、実際の球速が遅かった場合、直球よりもさらにポイントを前にしてインパクトをむかえている。いわゆる「前で拾うバッティング」であると考えられる。AO、MM 選手はインパクト時間と球速に負の相関が認められることからミートポイントは一定である。O 選手と同じく直球狙いで打撃動作を開始し、狙い球が異なった場合、インパクト直前にスイングスピードを変化させてミートポイントに合わせている。いわゆる当てにいくバッティングであると考えられる。

## 5 章.研究 2-方法

研究 2 では、投手の投げる球種がわかる場合(試行 1)と、分からない場合(試行 2)の、打撃動作の違いを明らかにするため、実験を行った。

### 1)被験者

被験者は現役大学野球部員 2 名で U(身長 173cm、体重 70kg、年齢 22 歳)は研究 1 の U 選手と同一人物であり、KK(身長 178cm、体重 75kg、年齢 21 歳)は大学野球部控え選手(表 3)である。2 名とも右打ちである。

### 2)測定方法 (図 16)

早稲田大学準硬式野球部グラウンドで、打者 U、KK と 2 名の異なるタイプの投手 C、D を対戦させ、その様子をビデオカメラ(カシオ製 HIGH SPEED EXILIM EX-F1、300fps)で撮影した。スイング、ピッチング撮影時に 2 台の各カメラの前方約 20cm 地点に、発光ダイオードを置き(図 15)、同時に点灯させた。ビデオカメラは、投手と打者それぞれの右横 7m の位置に設置した。捕手の後方 2m の位置にスピードガンを設置し球速を測定した。

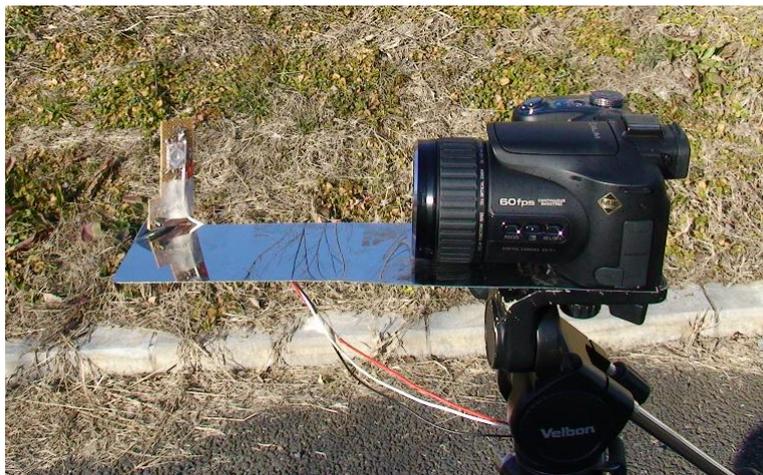


図 15 実験時の撮影機器一式

表 4 被験者の特徴

打者	U	大学日本代表
	KK	控え選手、ベンチ入り経験なし
投手	C	オーバースロー、甲子園優勝経験者、威力ある投球
	D	サイドスロー、遅いボールを駆使する投球

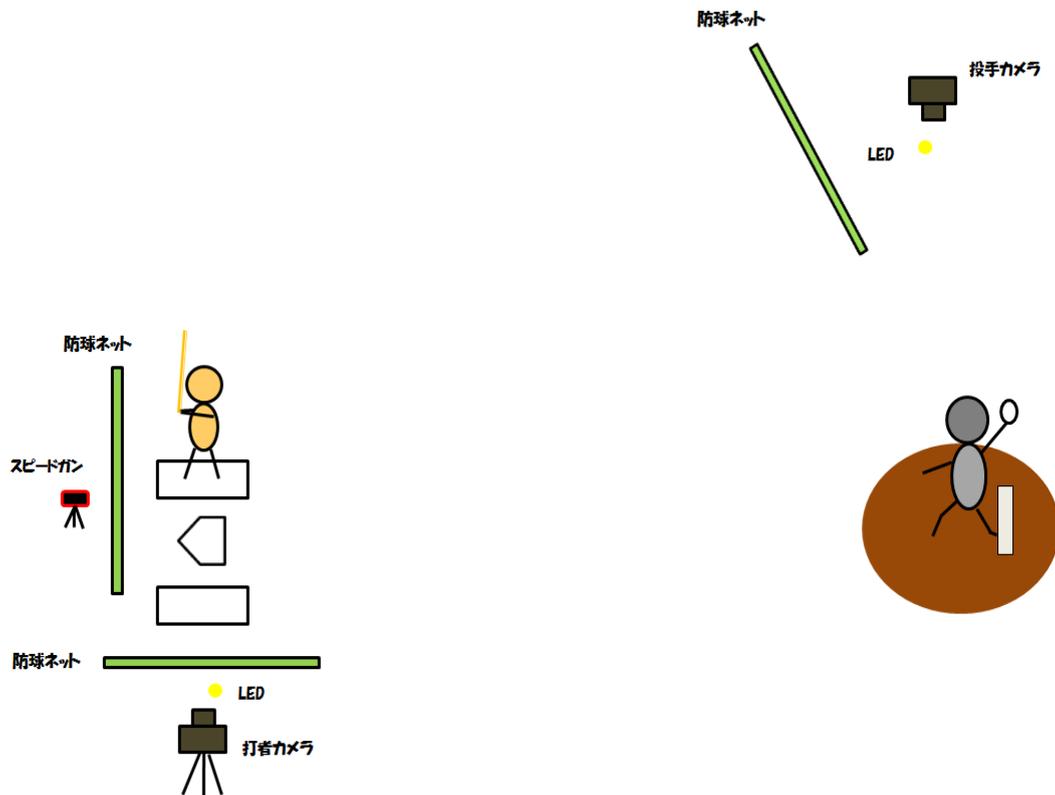


図 16 実験風景

### 3) 試行 (表 5)

投手は、公認野球規則 2008 に従い、ホームベースから 18.44m 離れたマウンドの投球板から投球した。

#### 試行 1)

最初に打者 U が 5 回スイングするまで投手 C と対戦させた。A が 5 回スイングしたら、打者は KK に交代した。対戦投手は C のままである。上記の試行を 2 セット繰り返した。次に、投手が C から D に交代し、同じことを行った。球種はストレートのみである。打者にはストライクと判定した時のみスイングするよう指示した。

#### 試行 2)

試技 1 と同じだが、投手の球種だけ変えた。球種はストレート、カーブの 2 種類で、どちらの球種が投げられるか打者には伝えなかった。投球前に、捕手後方にいる験者が、投手の投げる球種を捕手に伝え、そして、捕手から投手に球種を伝えた。験者は各打者とも、2 種類の球種を 5 回ずつ打つような配球を伝えさせた。打者には、スイングする毎に狙い球を報告させた。

表 5 打者 対 投手の対戦表

試行 1				
投手	打者	球種	投球数	スイング数
C	U	ストレート	9	5
C	KK	ストレート	10	5
C	U	ストレート	12	5
C	KK	ストレート	6	5
D	U	ストレート	12	5
D	KK	ストレート	11	5
D	U	ストレート	6	5
D	KK	ストレート	7	5
試行 2				
投手	打者	球種	投球数	スイング数
C	U	ランダム	7	5
C	KK	ランダム	8	5
C	U	ランダム	9	5
C	KK	ランダム	10	5
D	U	ランダム	9	5
D	KK	ランダム	8	5
D	U	ランダム	12	5
D	KK	ランダム	7	5

#### 4)測定項目

今回の研究では動作の移り変わりを把握でき、各打者に共通して見られる上肢と下肢の動きのうち、「テイクバック」「ステップ」「スイング」の各動作の様子を表す部分に注目して局面を設定した。テイクバックの開始時間は打者の頭部が捕手方向へ動き出した時点（BH：backward head movement）とした。また、「ステップ」を投手方向への身体移動、

ステップ足つま先着地、ステップ足踵着地の三段階に分けた。投手方向への身体移動開始は打者の頭部が投手方向へ移動し始めた時点（FH：forward head movement）とした。ステップ足つま先着地はテイクバック時に離れたステップ足のつま先を地面に着地させた時点（TL：toe landing）、同様にステップ足踵着地は踵を地面に着地させ時点（HL：heel landing）とした。スイング開始は、バットのグリップが投手方向へ動いた時点（FG：forward grip movement）とした。インパクトはボールとバットが当たった時点（I：impact）とした。また、空振り時は、バットの上、もしくは下をボールが通過した時点とした。

#### 5)解析方法

2台のカメラ映像に同時に映った発光ダイオードの点灯時間を合わせ、時間を同期させた。撮影時のカメラスピードを 300fps に設定したことから、ボールリリースを 0 とし、そこから各動作の開始時間のコマ数を出し、その値に 0.0033 を乗じた。そして、ボールリリースから各動作局面の開始時間を求めた。以上の手順で、各試行におけるボールリリース時点を基準とした打撃動作局面の開始時期について、時系列変化を求めた。そして、各投球条件毎の試行について、打者 A、B の動作局面の現れた時間の平均とその標準偏差（S.D.）を求め、動作局面の経時変化について分析した。また、球種が分かっているならば、ある程度の自分の理想とするバッティング動作を行えるであろうことから、試行 1 で求めた各動作局面の開始時間の平均をその打者のコントロールタイムとし、対戦投手毎の試行 2 の結果と比較し、解析した。

## 6 章.研究 2-結果

表 6、7 に試行 1、2 の全選手各動作局面開始時間と球速を平均時間±標準偏差で記した。また、図 17 は試行 1、2 の結果を表したものである。投手のボールリリース時間を 0 秒とし、各選手のボールリリース前後における打者の各動作局面(捕手方向頭部移動開始：BH、投手方向頭部移動開始：FH、ステップ足つま先着地：TL、投手方向グリップ移動開始：FG、ステップ足踵着地：HL、インパクト：I)の開始平均時間を記した。

表 6 試行 1 における打者の各動作局面開始時間と球速の平均

選手	BH	FH	TL	HL	FG	I	TL~HL	球速 (km/h)
U	-0.60 ±0.18	-0.06 ±0.06	0.32 ±0.03	0.38 ±0.04	0.28 ±0.04	0.51 ±0.03	0.06 ±0.03	120 ±7.3
KK	-1.06 ±0.12	-0.23 ±0.07	0.29 ±0.03	0.36 ±0.03	0.30 ±0.03	0.50 ±0.03	0.06 ±0.01	121.4 ±7.7

表 7 試行 2 における打者の各動作局面開始時間と球速の平均

選手	BH	FH	TL	HL	FG	I	TL~HL	球 速 (km/h)
U	-0.93 ±0.24	-0.19 ±0.11	0.27 ±0.05	0.36 ±0.03	0.27 ±0.04	0.53 ±0.03	0.09 ±0.03	115 ±9.4
KK	-1.08 ±0.10	-0.24 ±0.08	0.29 ±0.04	0.37 ±0.03	0.31 ±0.02	0.53 ±0.03	0.08 ±0.03	114.7 ±8.7

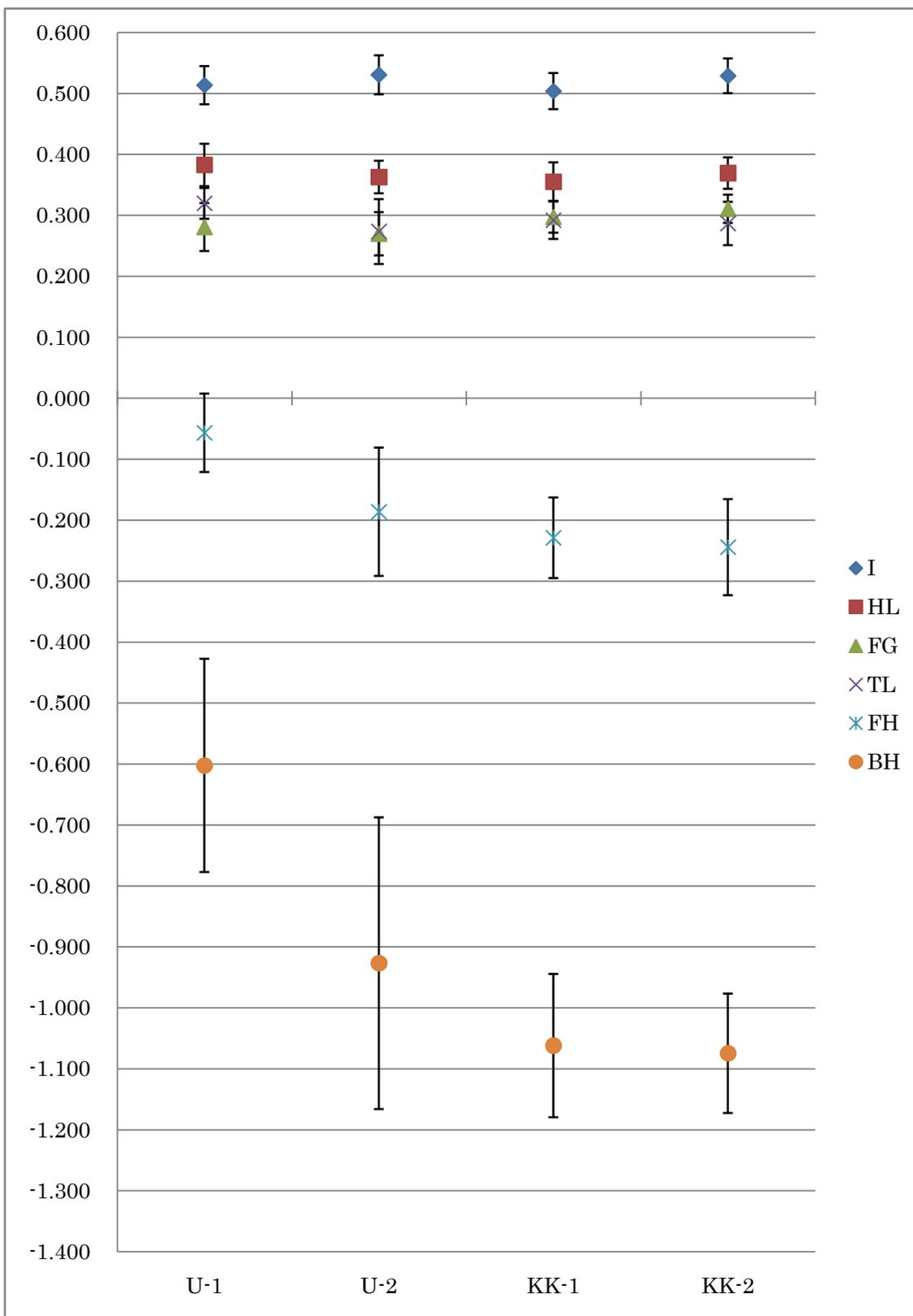


図 17 試行 1、2 における打者の各動作局面開始時の平均時間

### 6-1. 試行 1(図 17、表 6)

研究 2 では、研究 1 と同じ項目について解析した。

試行 1 では、投手が投げる球種はストレートのみであることを打者に伝えている。投手がどの球種を投げるか分からない場合に比べて、自分の理想に近いスイングを行える。

#### 捕手方向、投手方向頭部移動

U 選手の捕手方向頭部移動開始の平均時間は -0.602 であり KK 選手は -1.062 秒であった。また、U 選手の投手方向頭部移動開始の平均時間は -0.057 秒であり、KK 選手は -0.229 秒であった。U 選手は投手のボールリリースとほぼ同時に投手方向へ移動を開始した。2 選手とも捕手方向より、投手方向移動開始時間の標準偏差の値が小さかった。

#### ステップ足つま先、踵着地

U 選手のつま先着地平均時間は 0.32 秒で、KK 選手は 0.292 秒であった。2 選手ともつま先着地時間と球速に負の相関(U 選手  $r=-0.778, p<0.01$  KK 選手 :  $-0.939, p<0.001$ ) が認められた。

踵着地時間とつま先着地時間の差の平均は U、KK2 選手とも 0.063 秒であった。踵着地時間と球速に 2 選手とも負の相関が認められた(U 選手  $r=-0.7, p<0.01$  KK 選手  $-0.952, p<0.001$ )。

#### 投手方向グリップ移動開始、インパクト時間

U 選手の投手方向グリップ移動開始の平均時間は 0.281 秒であり、KK 選手は 0.297 秒であった。U 選手はつま先着地の平均時間よりグリップ移動開始の平均時間の値が小さかった。2 選手ともグリップ移動開始時間と球速に負の相関(U 選手  $r=-0.715, p<0.01$  KK 選手  $-0.914, p<0.001$ ) が認められた。インパクトの平均時間は U 選手 0.513 秒、K 選手 0.504 秒だった。

## 6-2. 試行 2(図 17、表 7)

試行 2 では投手がどの球種を投げるか分からない、つまり、試合と同じ状況で対戦させた。U、KK2 選手とも狙い球は全て直球であった。

### 捕手方向、投手方向頭部移動

U 選手の捕手方向頭部移動開始の平均時間は -0.93 であり KK 選手は -1.08 秒であった。また、U 選手の投手方向頭部移動開始の平均時間は -0.19 秒であり、KK 選手は -0.24 秒であった。U 選手は試行 1 と比較して、捕手方向には 0.33 秒、投手方向には 0.13 秒早く移動させていた。2 選手とも捕手方向より、投手方向移動開始時間の標準偏差の値が小さかった。

### ステップ足つま先、踵着地

U 選手のつま先着地平均時間は 0.27 秒で、KK 選手は 0.29 秒であった。試行 1 では 2 選手とも、つま先着地時間と球速に負の相関が認められたが、試行 2 では認められなかった。踵着地時間とつま先着地時間の差の平均は U 選手 0.09 秒、KK 選手 0.08 秒であった。

KK 選手は踵着地時間と球速に負の相関( $r=0.793, p<0.01$ )が認められたが、U 選手には認められなかった。

### 投手方向グリップ移動開始、インパクト時間

U 選手の投手方向グリップ移動開始の平均時間は 0.27 秒であり、KK 選手は 0.31 秒であった。U 選手はつま先着地の平均時間よりグリップ移動開始の平均時間の値が小さかった。KK 選手は投手方向グリップ移動開始時間と球速に負の相関( $r=0.718, p<0.01$ )が認められたが、U 選手には認められなかった。インパクトの平均時間は U 選手 0.53 秒、K 選手 0.53 秒だった。

## 7章.研究 2-考察

< 試行 1 と試行 2、研究 1 の比較 >

### 投手のボールリリース前

- ・ 投手方向頭部移動開始時間

試行 1 における U 選手の投手方向頭部移動は研究 1、研究 2 の試行 2 と比較してボールリリースに極めて近い時間で行われている。球種は 1 つであり、球速もある程度予測できることから、余分な動作は入れずにシンプルに打ちにいったのだと考えられる。KK 選手も U 選手ほどではないが、試行 2 に比べ、試行 1 の投手方向移動開始時間はボールリリースに近い。このことから狙い球を絞る時には、余分な動作を入れずに打撃動作を行うことが重要であると考えられる。

### 投手のボールリリース後

- ・ ステップ足のつま先、踵着地、グリップ移動開始

試行 1 では、1 人の投手が投げる球種は 1 種類で球速もほぼ同じであることから、ある程度自分自身の理想のスイングができる。実験映像を見る限り、試行 1 では 2 選手とも強い打球を打っていたこと、そして 2 選手の投手のボールリリース後における打撃動作局面 (TL、HL、FG、I) 全てに球速と負の相関が認められたことから、異なる球速に合わせて適切に時間調節を行っていると考えられる。また、この調節動作はヒットを打つために必要な動作の 1 つのパターンであると考えられる。

試行 2 の結果から、U 選手は球速に関係なくステップ足のつま先、踵を着地させているが、KK 選手は、あらかじめステップ足のつま先を着地させた後、球速によって踵を着地させる時間を変化させている。試行 2 では、U 選手は試行 1 と同様強い打球を打っていたことに対し、KK 選手は空振りや、うまくバットに当てられない打席が多かった。U 選手

は試行 2 の結果から、速球を予測するが、予測が外れた場合に備え、球速に関係なく投手方向へのグリップ移動を開始させ、ステップ足のつま先、踵を着地させている。つまり、スイングを開始してから球速変化に対応していると考えられる。しかし、KK 選手はスイングをつま先着地後、踵を着地させるまでの間に開始していることから、ヘッド速度は速くなるが、その分、バットコントロールを行えない可能性がある。

## 8章.総括

本研究では、投手と打者の対戦映像から打者の打撃動作を分析し、タイミング調節について検討した。研究1と研究2の結果から以下のことが明らかになった。

1.打者はどの球種が投げられるかわからない場合は打撃動作始動のタイミングを早める。そして、投球動作に対して打撃動作開始局面に比べ、テイクバックから投手方向への身体移動に切り替わる局面を一定にさせている。

2.打者にはスイング開始前、開始時期、開始後で球速にタイミングを合わせるタイプが存在する。また、プロ野球界において高度な打撃パフォーマンスを示す打者は本研究で分析した局面とは別の部分で時間調節している可能性がある。

3.タイミングの取り方は投手の数だけ存在すると考えられることから、様々なタイプの投球動作、投球をイメージしながら打撃練習を行うことが重要である。また、速度変化に対応できるような身体の使い方を身につけていかなければならない。

## 第 9 章 . 謝 辞

本論文作成過程において、終始懇切丁寧な御指導をいただきました彼末一之教授に心より感謝を申し上げます。また、副査として御指導いただきました山崎勝男教授、内田直教授に深謝申し上げます。

そして、論文作成を御指導いただきました、村岡哲郎先生、助手の坂本将基先生、青森県スポーツ科学センター研究員の大室康平さん、博士課程の中村真由美さん、福永研究室の勝亦陽一さん、そして早稲田大学野球部の應武篤良監督をはじめ、ご協力していただいた部員の皆様に感謝の意を申し上げます。

最後に、2年間いつも私を励ましてくれた同じ研究室の修士課程の皆様にも感謝の意を申し上げます。

どうもありがとうございました。

2009 年 1 月 15 日

彼末研究室 修士課程 2 年

茶川剛史

第 10 章.参考文献

ROBERT KEMP ADAIR : 『The Physics of baseball』 : Harper & Row,  
1990

渋川侃二(1983) インパクト直前におけるバットの動き : 身体運動の科学IV, バイオオメカニクス編.杏林書院 : pp216-221

前田正登(2001) 野球におけるバットスイングの再現性に関する研究 : スポーツ方法学研究 14.日本スポーツ方法学会 : pp1-11

Rob Gray(2002) Behavior of College Baseball Players in a Virtual Batting Task : Journal of Experimental Psychology Human Perception and performance Vol.28 No.5 : The American Psychological Association : pp1131-1148

大室康平、長谷川伸、大部隆志、坂元龍斗、村岡哲郎、彼末一之(2005) 投球に対するバッティング動作の再現性に関する研究、体力科学 vol.54 : 日本体力医学会 : pp643

川合武司、勝又宏、綿田博人、石手靖、村山光義、高橋宏文(1997) 異なる速度の投球に対する打撃動作局面の経時変化について、順天堂大

学スポーツ健康科学研究第1号：pp1-11

石田和之、仲井良平、平野裕一(2000) 野球打者の打撃の意思決定とバットの運動調節に関する実験的研究、バイオメカニクス研究 4：日本バイオメカニクス学会：pp172-178

平野裕一(1984) バットによる打の動作、Japanese Journal of Sports Science3：pp199-208

平野裕一：『打つ科学』,大修館書店：1992

補足資料

研究 1

図 18	AO 選手インパクト時総合	39
図 19	AK 選手インパクト時総合	40
図 20	O 選手インパクト時総合	41
図 21	K 選手インパクト時総合	42
図 22	NZ 選手インパクト時総合	43
図 23	NM 選手インパクト時総合	44
図 24	MM 選手インパクト時総合	45
図 25	U 選手インパクト時総合	46
図 26	HY 選手インパクト時総合	47
図 27	M 選手インパクト時総合	48
図 28	H 選手インパクト時総合	49
図 29	UD 選手インパクト時総合	50

研究 2

試行 1

図 30	U 選手インパクト時総合	51
図 31	KK 選手インパクト時総合	52

試行 2

図 32	U 選手インパクト時総合	53
図 33	KK 選手インパクト時総合	54

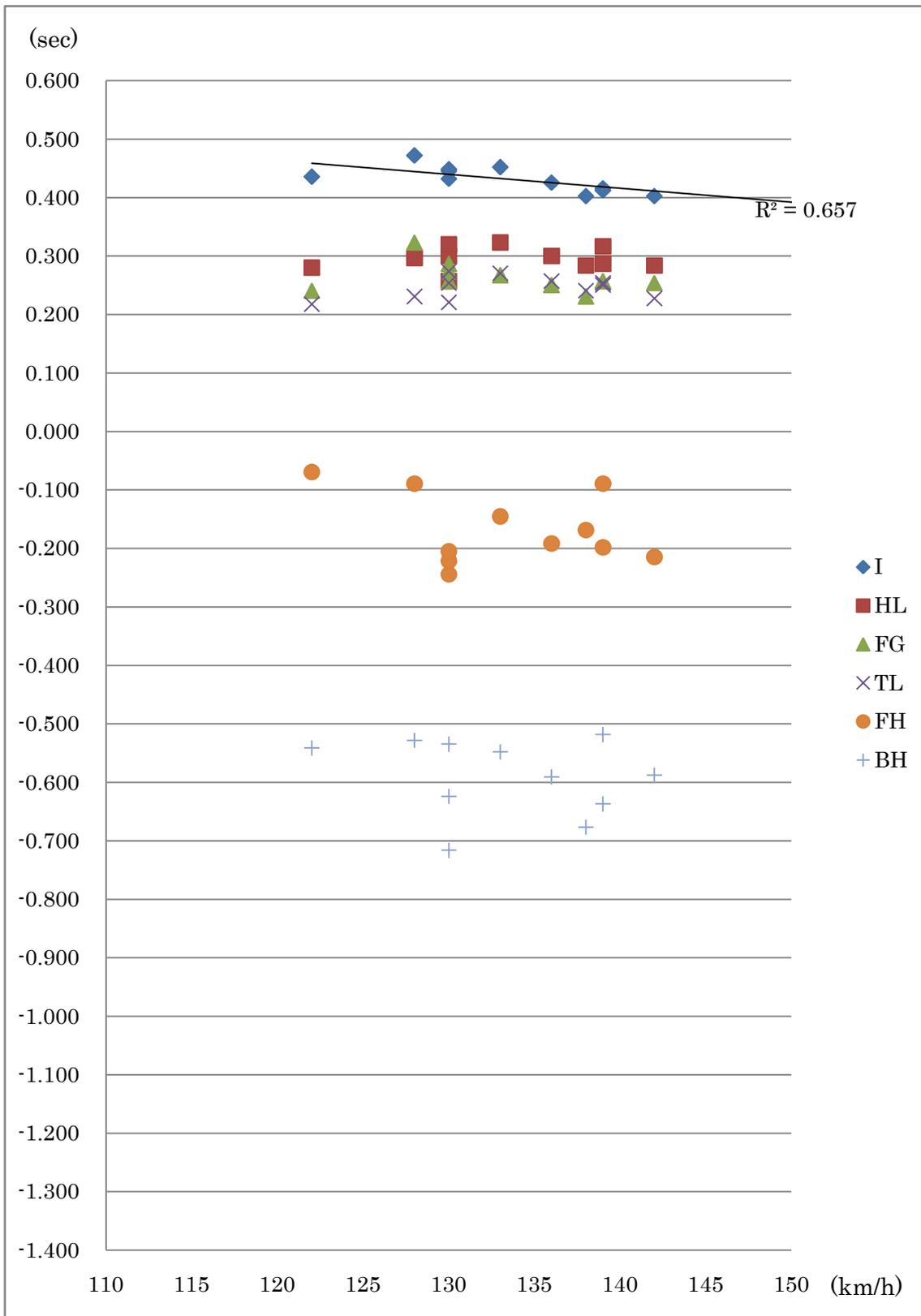


図 18 AO 選手 インパクト時総合

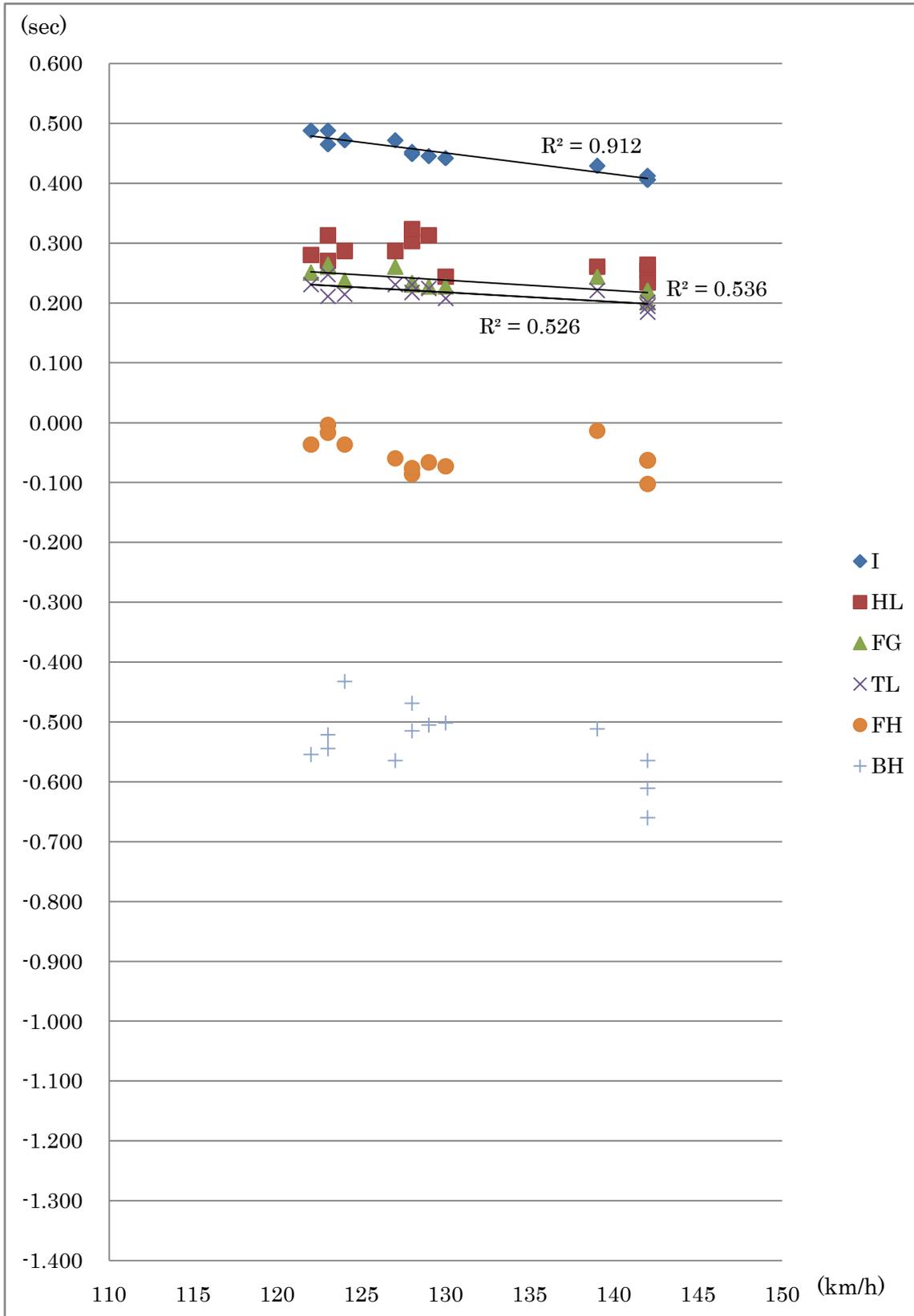


図 19 AK 選手インパクト時総合

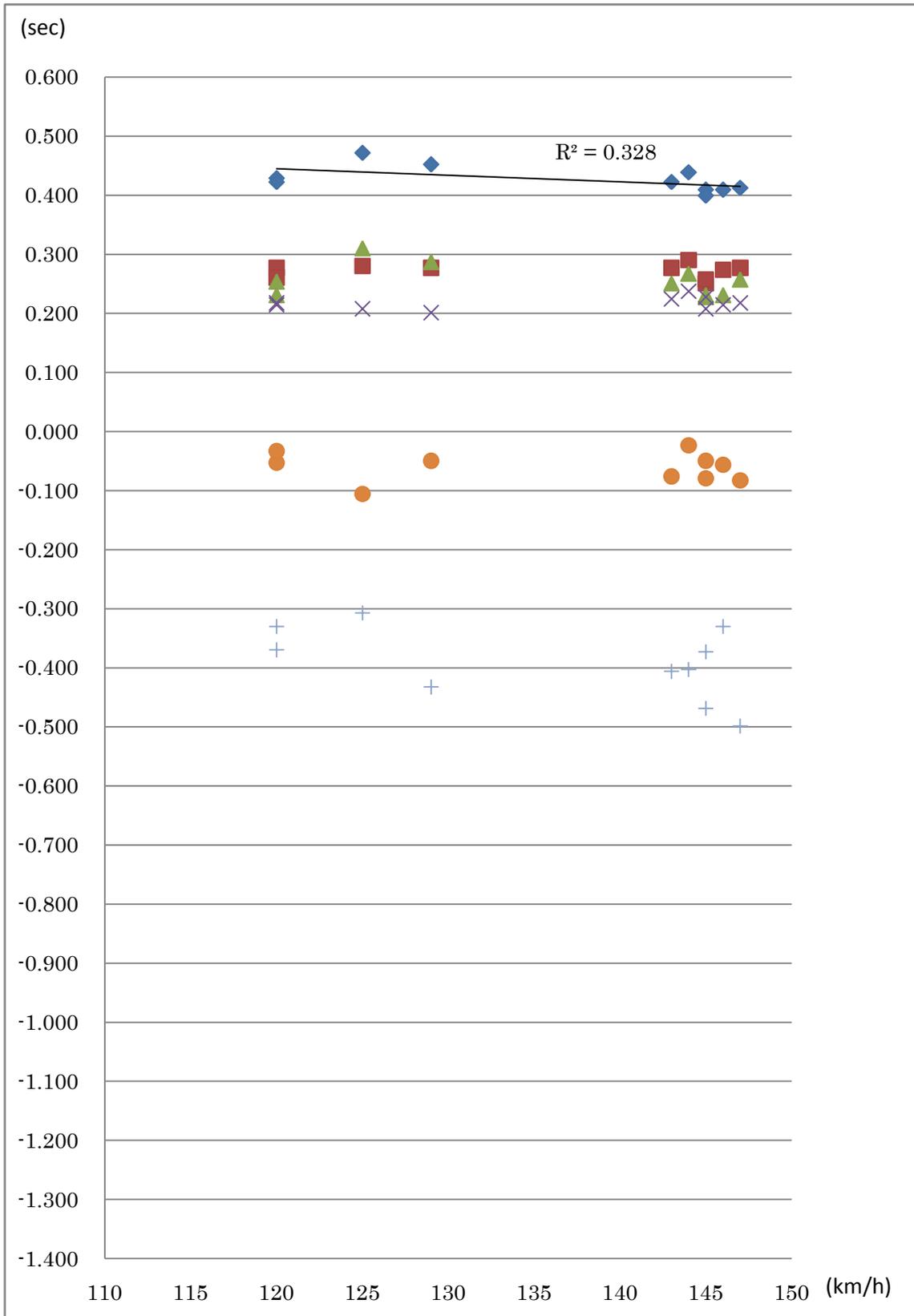


図 20 O 選手 インパクト時総合

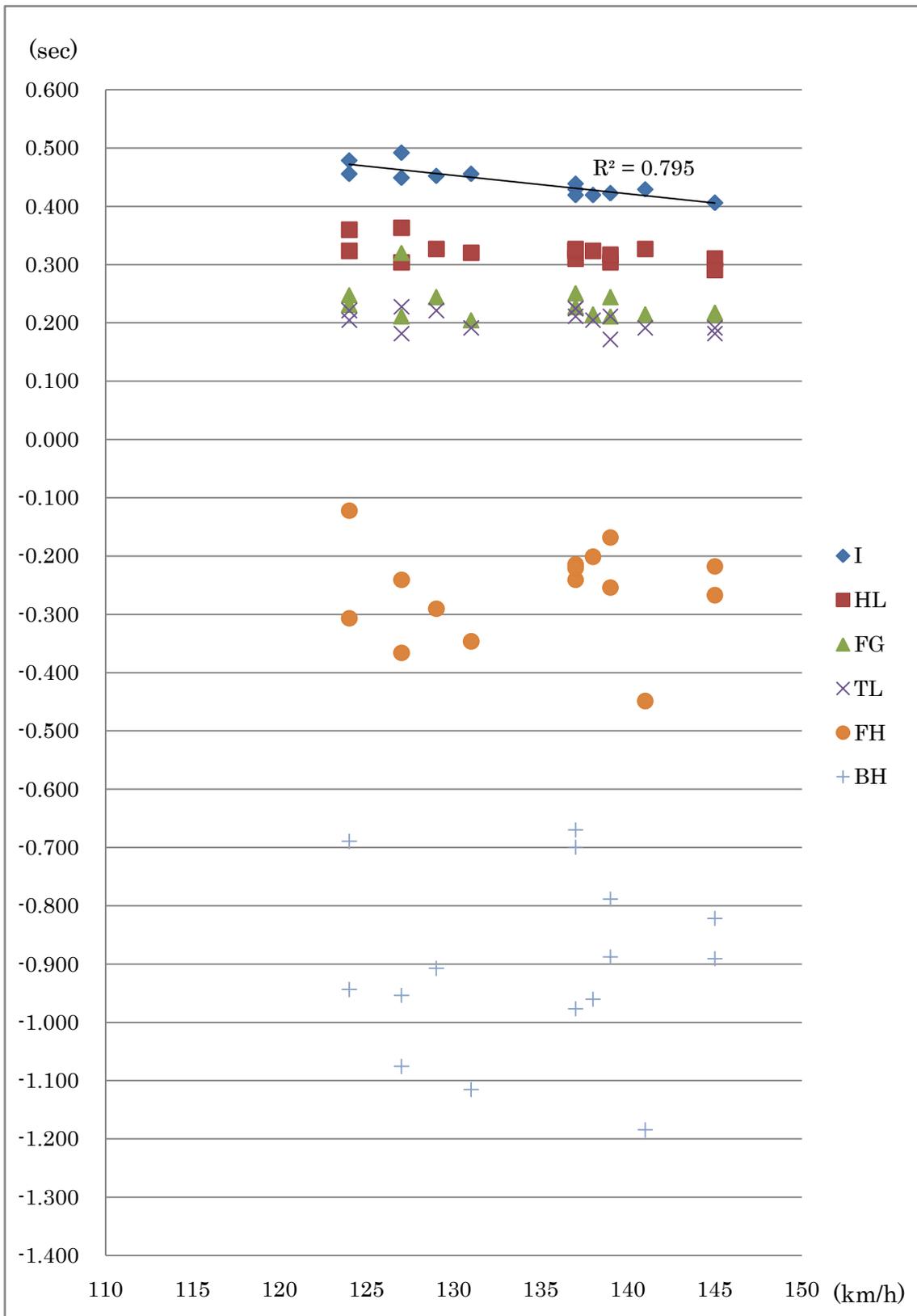


図 21 K 選手 インパクト時総合

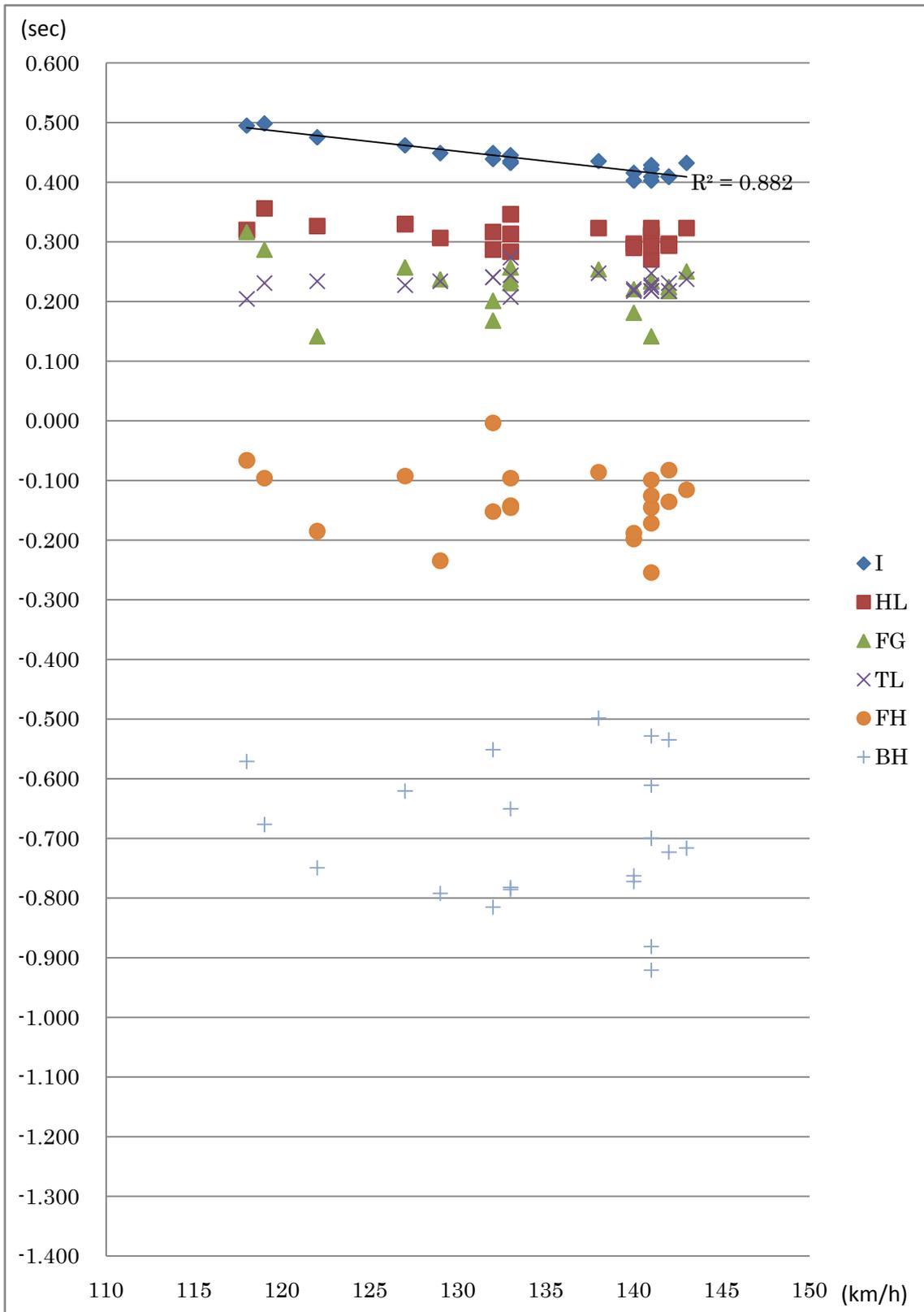


図 22 NZ 選手 インパクト時総合

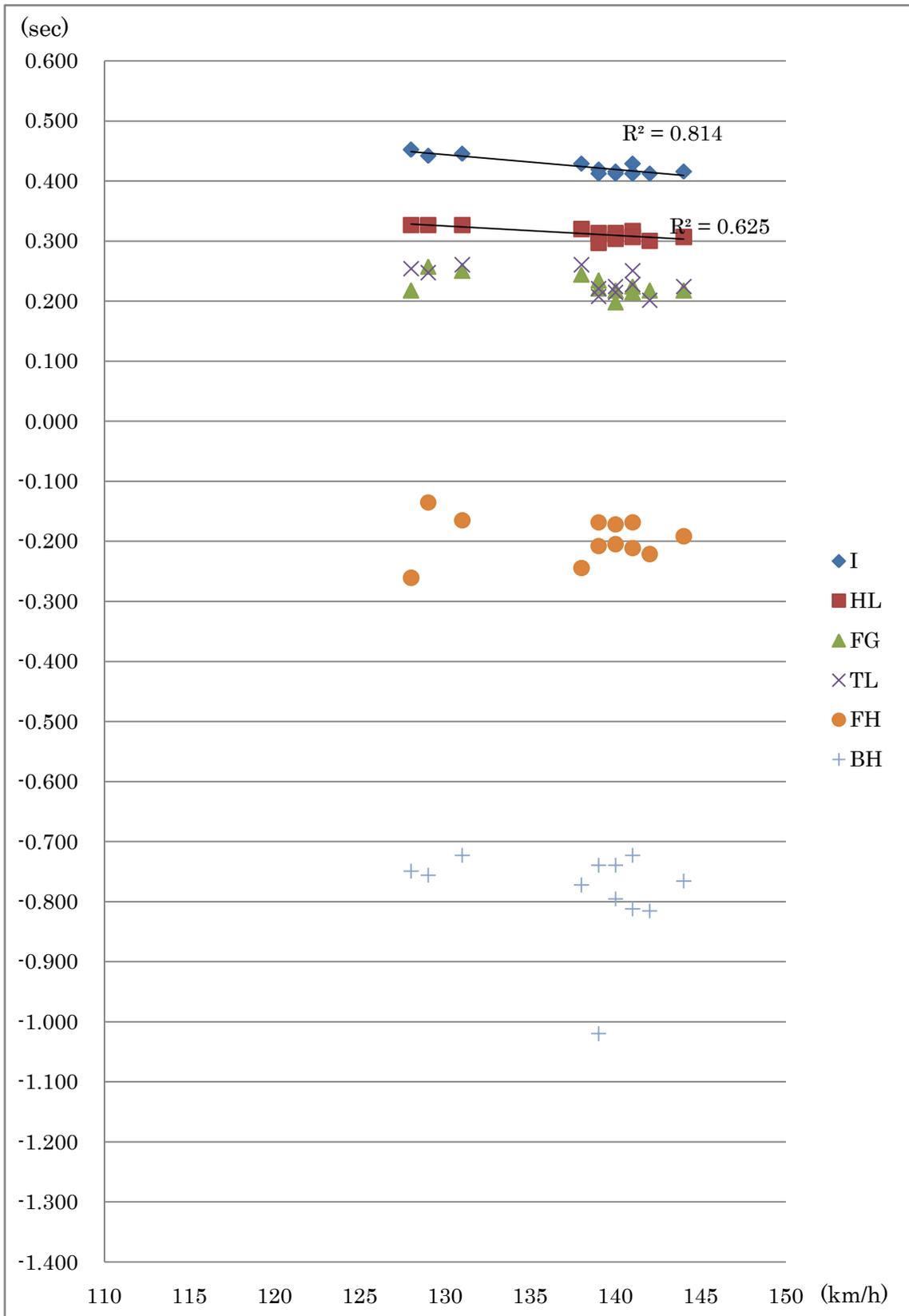


図 23 NM 選手 インパクト時総合

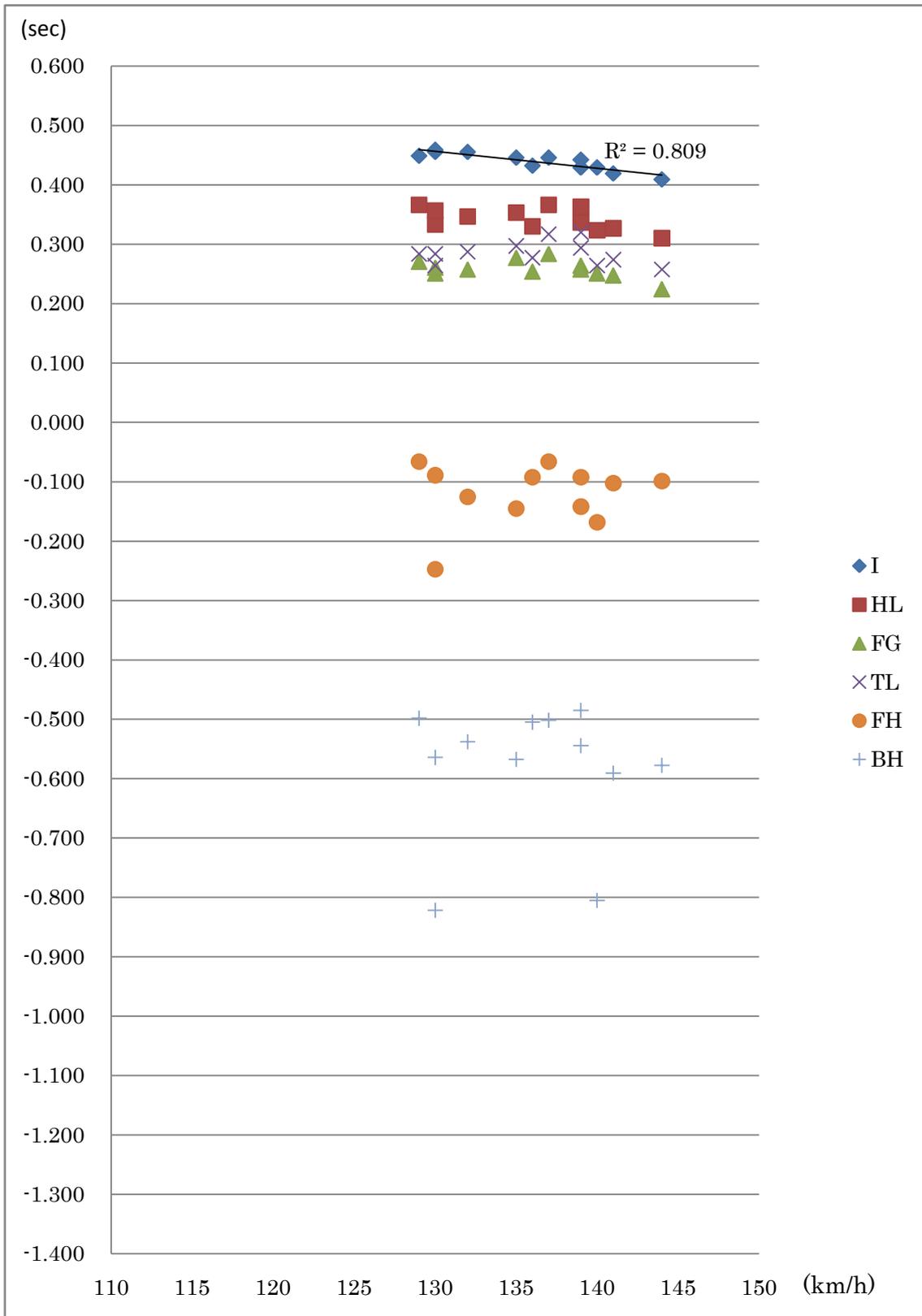


図 24 MM 選手 インパクト時総合

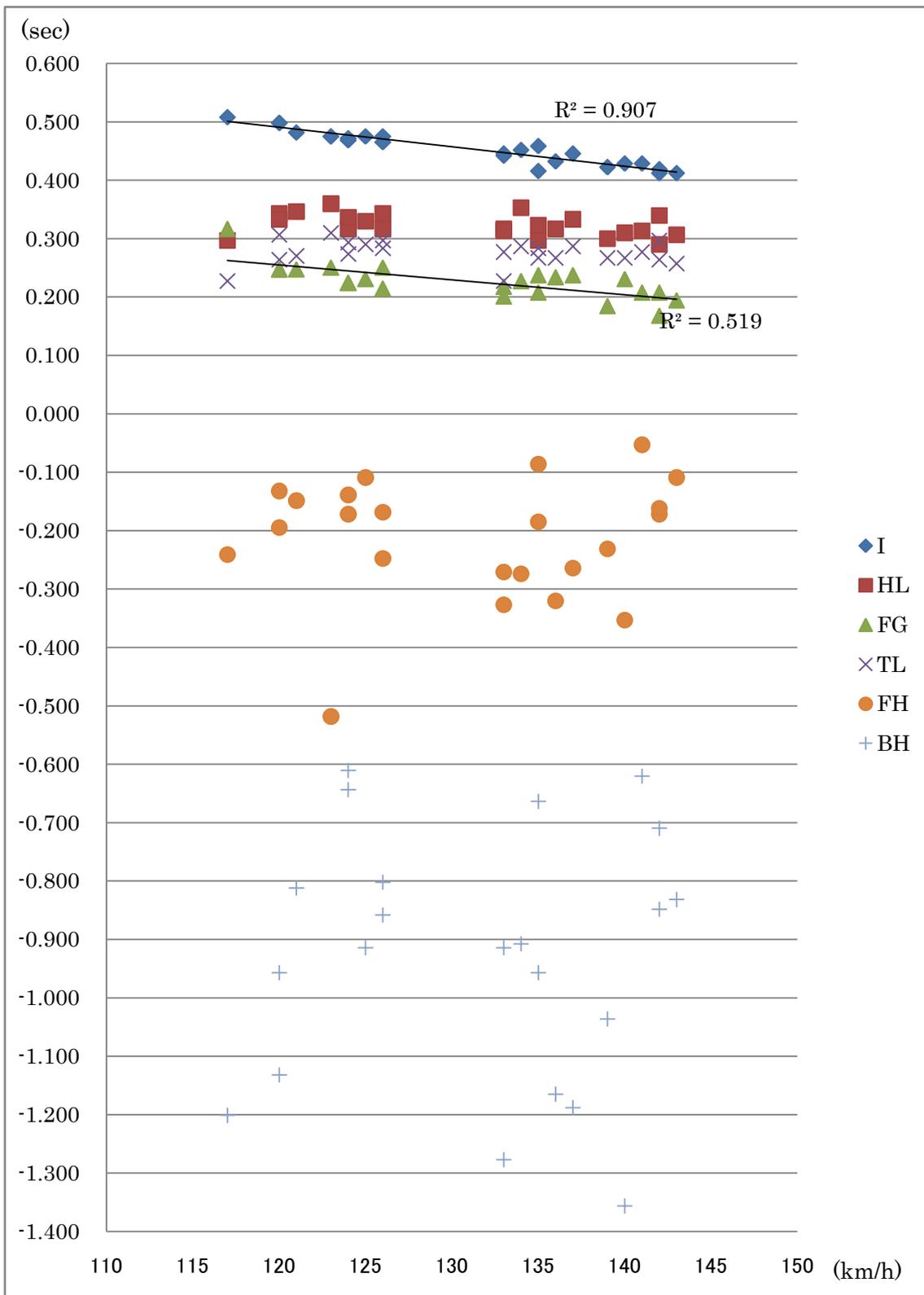


図 25 U 選手 インパクト時総合

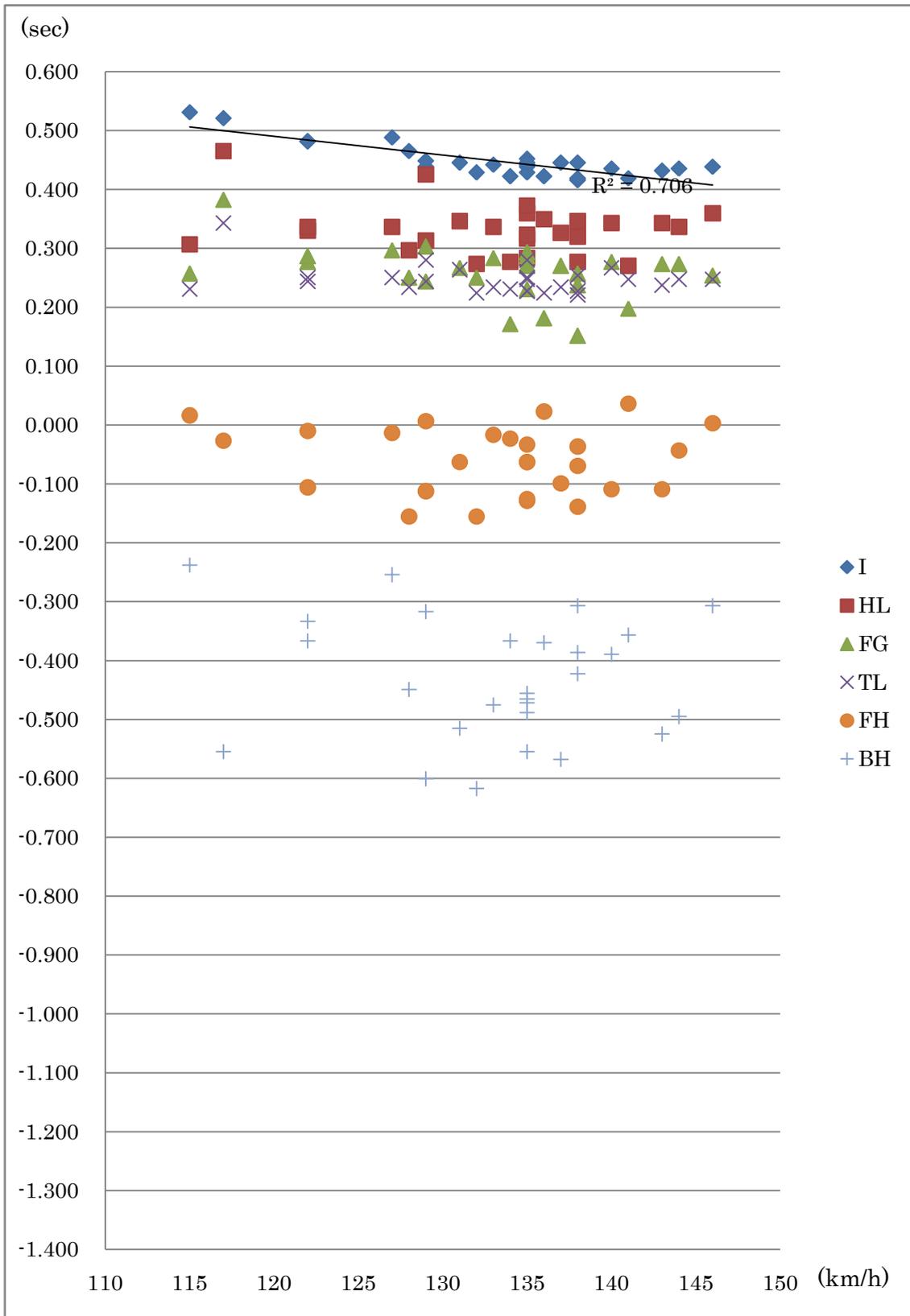


図 26 HY 選手 インパクト時総合

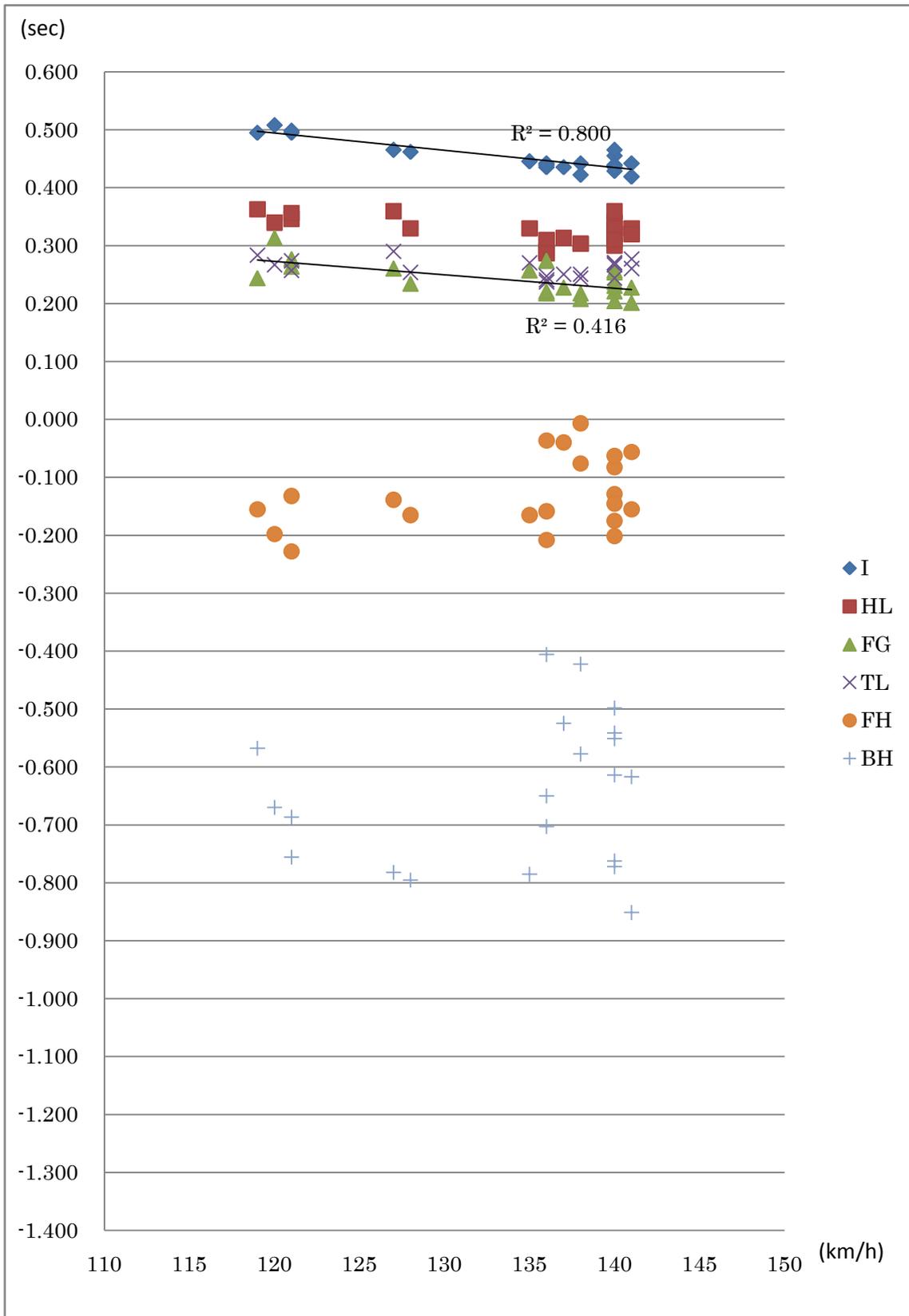


図 27 M 選手 インパクト時総合

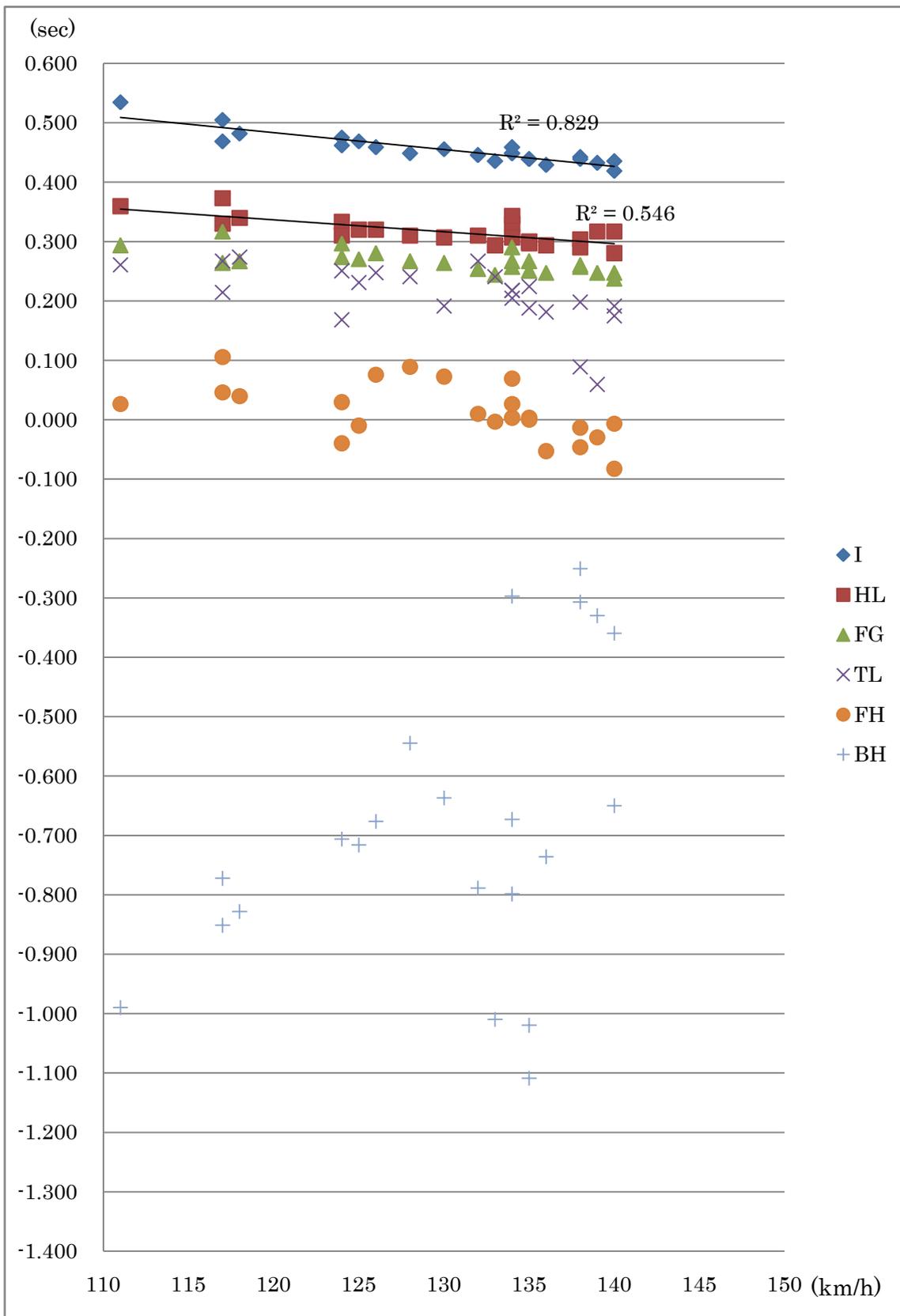


図 28 H 選手 インパクト総合

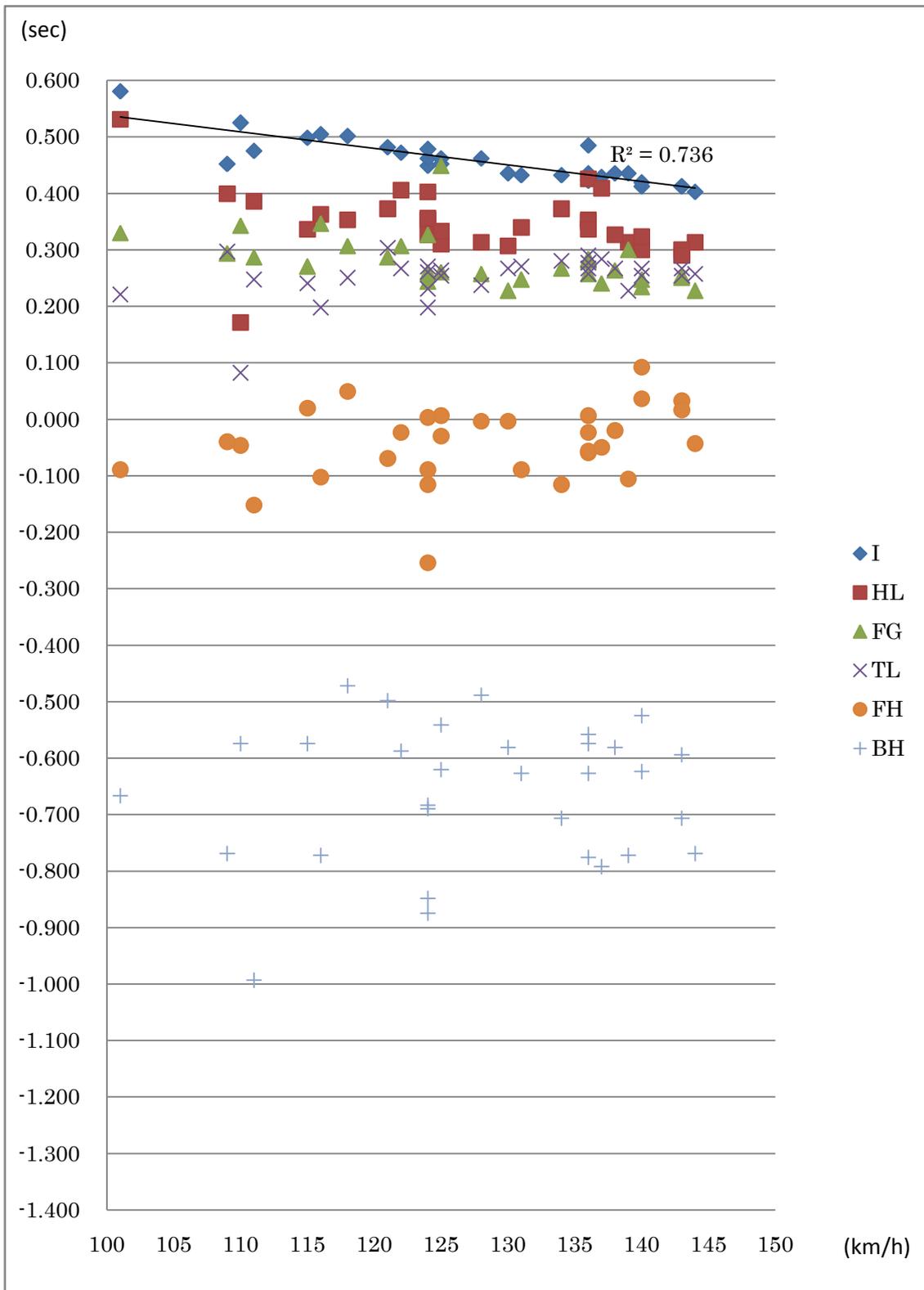


図 29 UD 選手 インパクト時総合

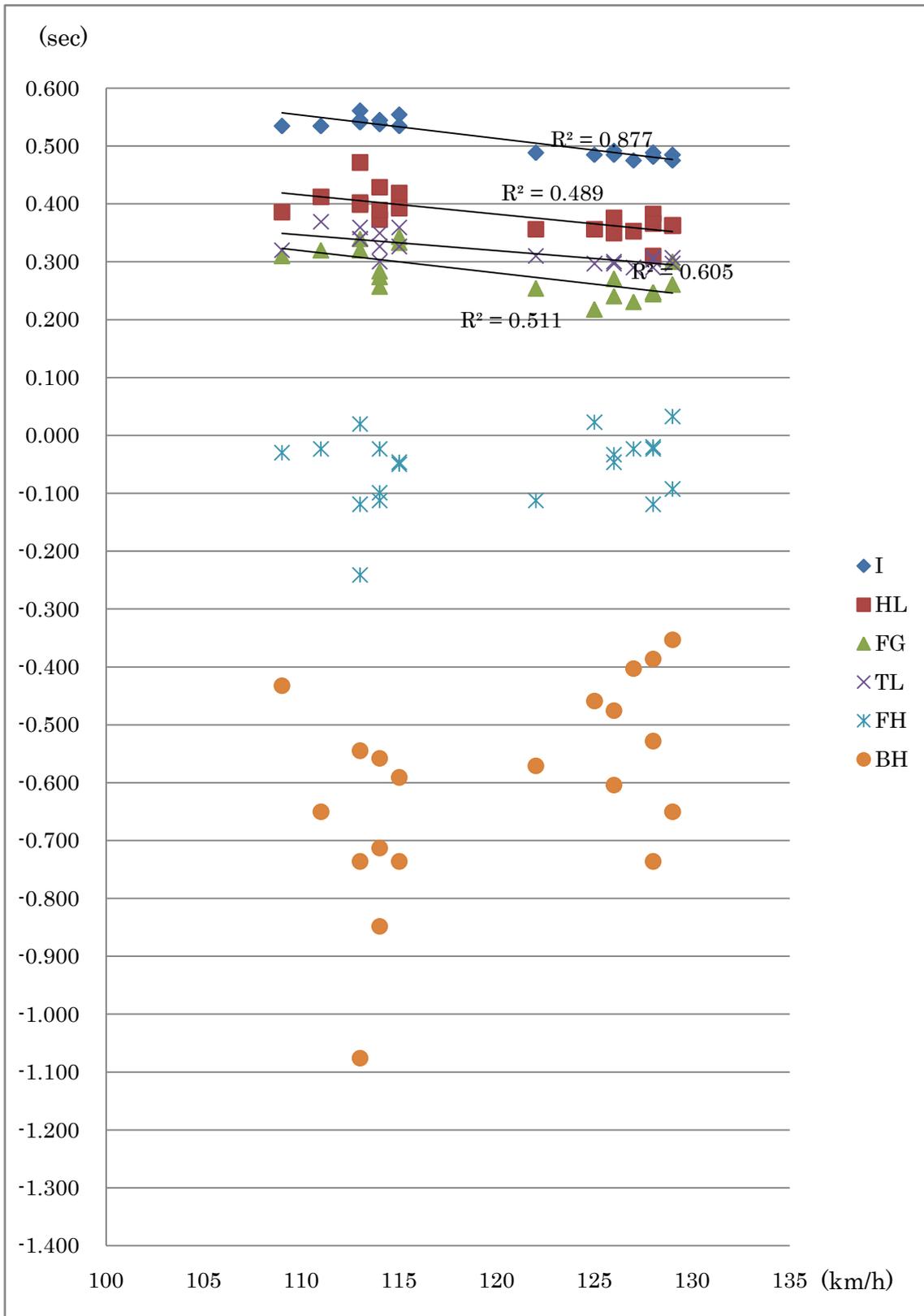


図 30 U選手 試行 1 インパクト時総合

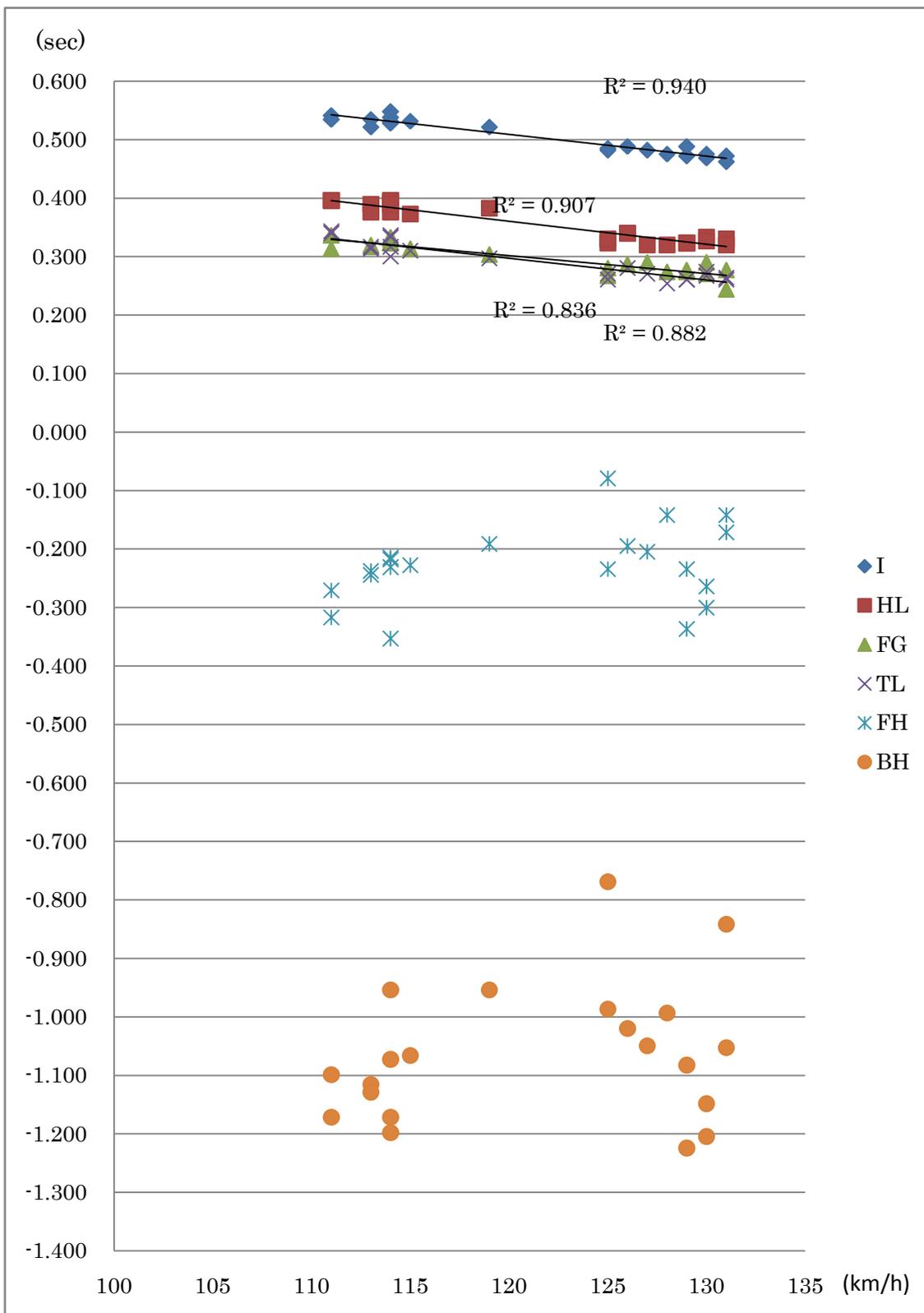


図 31 KK 選手 試行 1 インパクト時総合

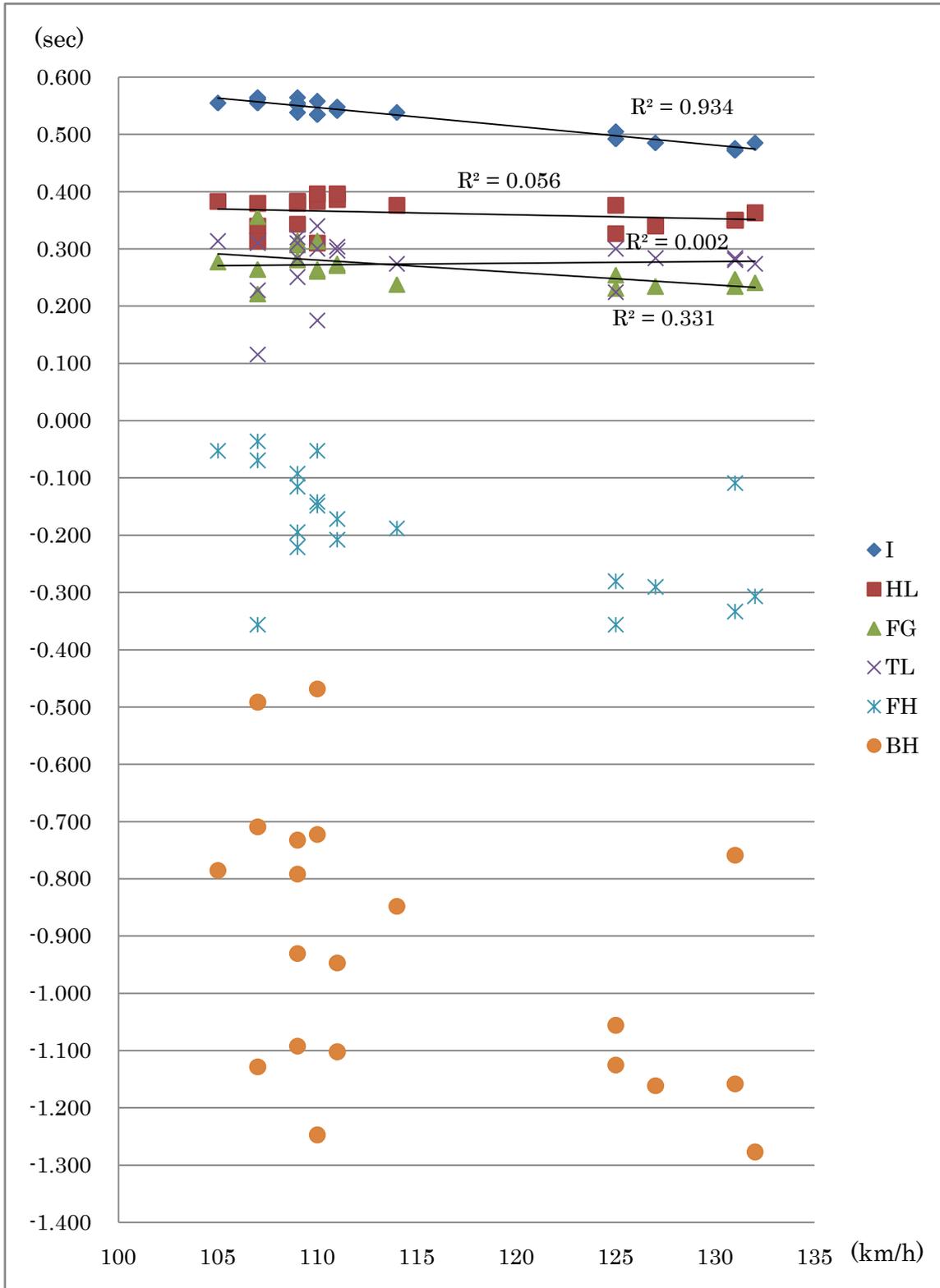


図 32 U 選手 試行 2 インパクト時総合

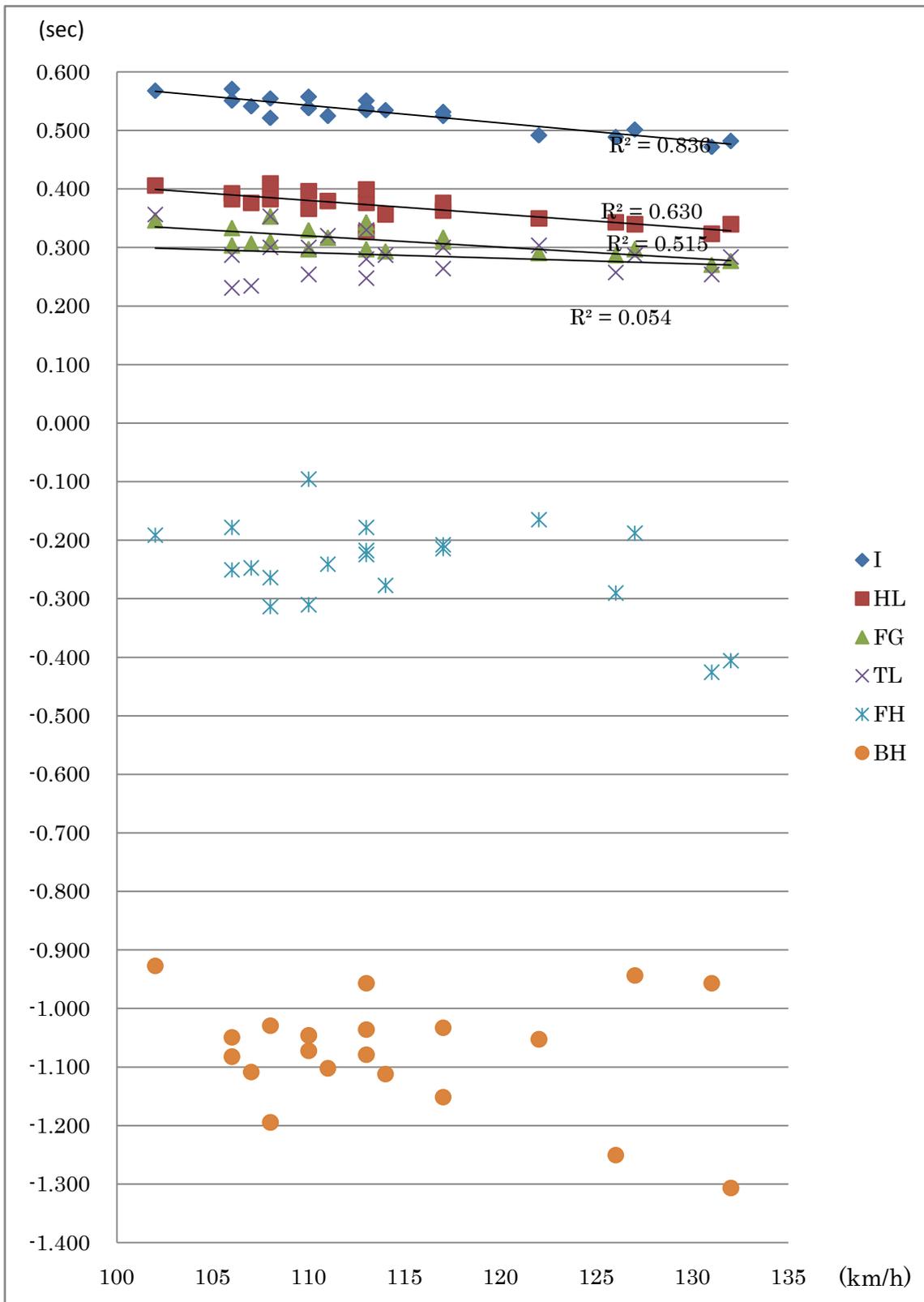


図 33 KK 選手 試行 2 インパクト時総合

表 9 研究 1 の分析対象者の特徴

選手名	各選手の特徴	所属
AO	首位打者 2 回、最多安打 2 回	NPB
AK	スイッチヒッター	
O	MVP2 回、首位打者 2 回、本塁打王 1 回、打点王 1 回	
K	最多安打 1 回、盗塁王 2 回	
NZ	最高出塁率 1 回、9 試合連続打点	
NM	本塁打王 1 回	
MM	ベストナイン 1 回、ゴールデングラブ賞 2 回	
U	大学日本代表、リーグベストナイン	大学
HY	大学日本代表、リーグベストナイン	
M	大学日本代表、リーグベストナイン	
H	リーグベストナイン	
UD	リーグベストナイン	