

# 野球ボールと可視化



理化学研究所

姫野龍太郎



## 佐々木投手のフォークボール



2014/11/7

Visualization Conference

2

# スローモーション映像



2014/11/7

Visualization Conference

3

## フォークは本当に落ちるのか？

- 高速度ビデオの解析(佐々木・野茂他)
  - 重力以外の力は働いていない
  - 空気抵抗が他の球種よりも大きい
- 打者のコメントから
  - 杉下投手のフォークは揺れながら落ちる
  - 縫い目が見えた
  - 蝶のように舞う

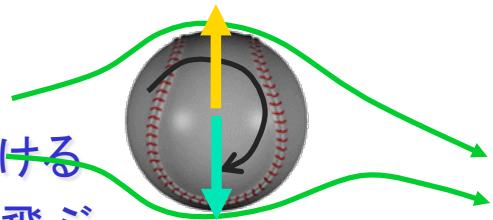
2014/11/7

Visualization Conference

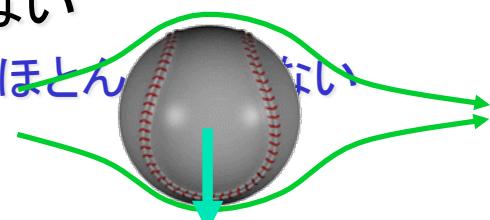
4

# 直球とフォークボール

- 直球は変化球
  - 上向きの力を流れから受ける
  - 重力をうち消してまっすぐ飛ぶ



- フォークボールは変化しない
  - 重力以外の下向きの力はほとんどない
  - サイドスピン

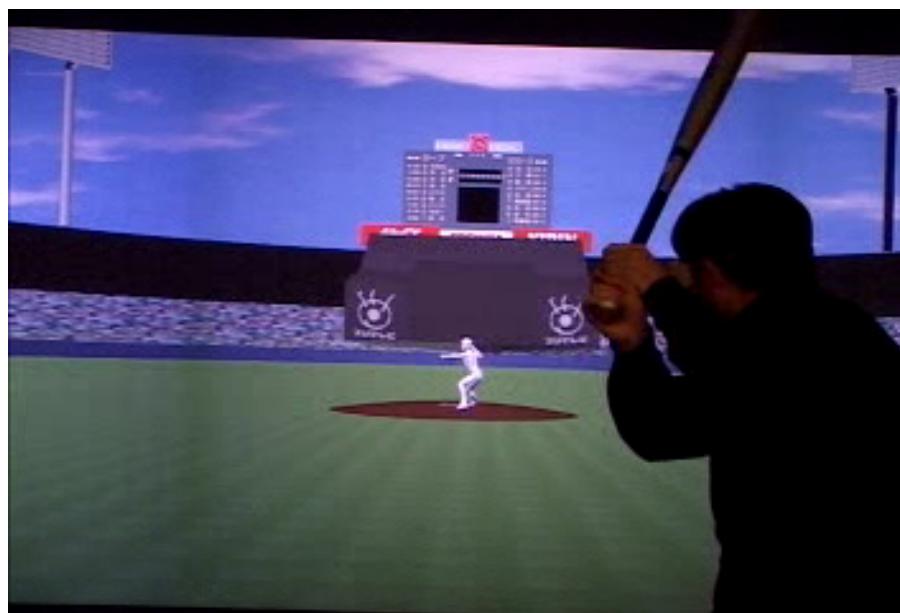


2014/11/7

Visualization Conference

5

# フォークと直球の差はどの位？



2014/11/7

Visualization Conference

6



# 使われている球種と回転

- 直球
- カーブ、シュート、スライダー
- シンカー
- フォークボール
- スプリット・フィンガード・ファースト・ボール
- ナックル・ボール、パーム・ボール

2014/11/7

Visualization Conference

7



# 野球の変化球の再分類

- マグナス力による変化球
  - 直球、シュート、カーブ、シンカー、スライダー
- マグナス力によらない変化球
  - 杉下のフォーク、ナックル、パームボール
- 変化しない変化球
  - フォークボール

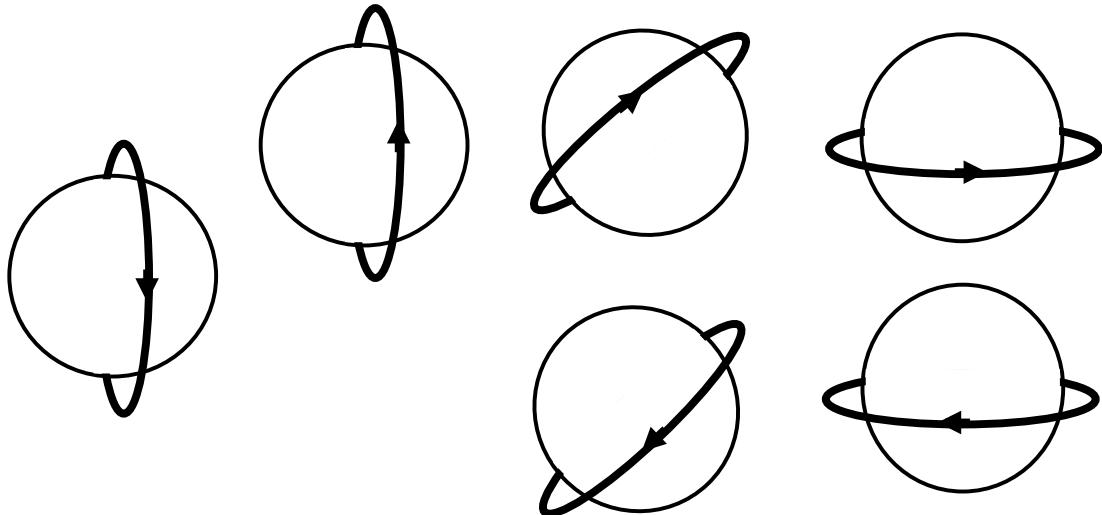
2014/11/7

Visualization Conference

8

# 変化球の回転

- 右投手の変化球の回転方向



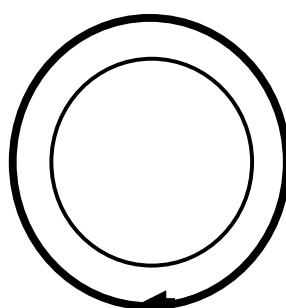
2014/11/7

Visualization Conference

9

# 使われていない回転

- 進行方向と回転軸が一致
- 螺旋状に進む
- アメ・フトのパス



2014/11/7

Visualization Conference

10

# ここまで整理

- マグナス力による変化が基本
  - 直球も変化球
  - 回転軸の違いで球種が生まれる
- マグナス力によらない変化球
  - その変化の原因は？
  - 使われていない回転
    - 新しい変化球？

2014/11/7

Visualization Conference

11

## マグナス力によらない変化球 は？

- 縫い目の位置関係が鍵に
- 流れと縫い目の関係を解析



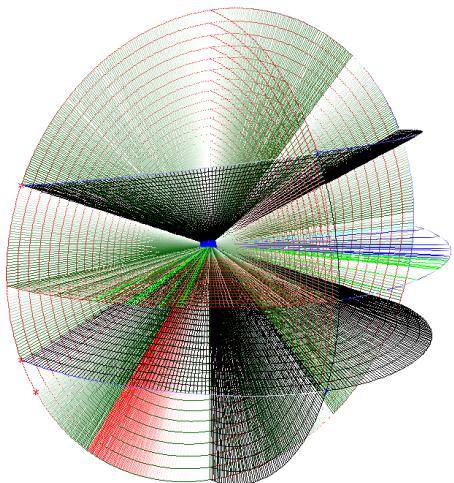
2014/11/7

Visualization Conference

12

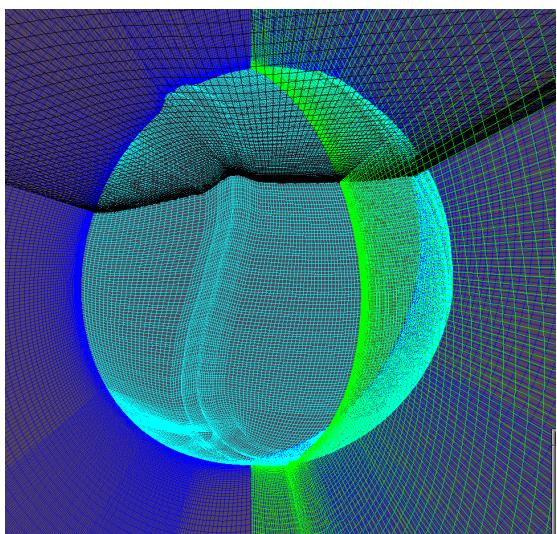
# 流れのコンピュータによる解析

- 全体(169x92x101)



2014/11/7

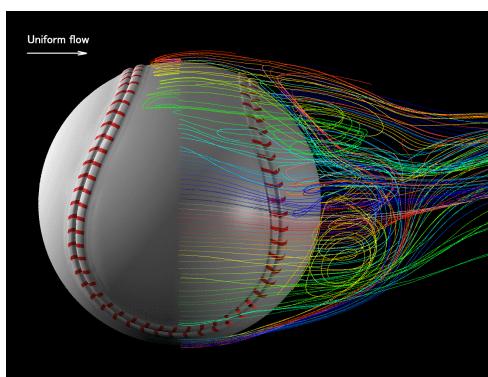
- 表面拡大図



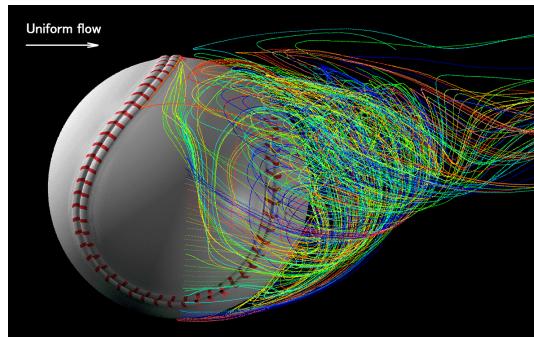
Visualization Conference

13

## 縫い目位置の違いで大きな変化



$\beta:5$



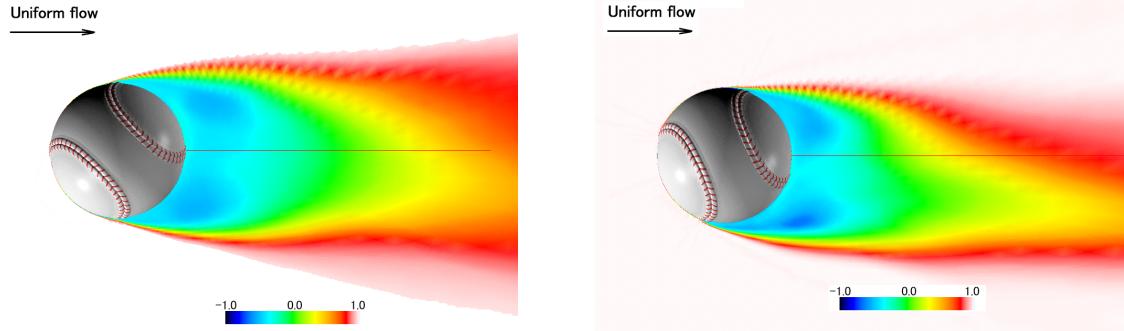
$\beta:20$

2014/11/7

Visualization Conference

14

# 総圧の違い



2014/11/7

Visualization Conference

15

# 流れの違い

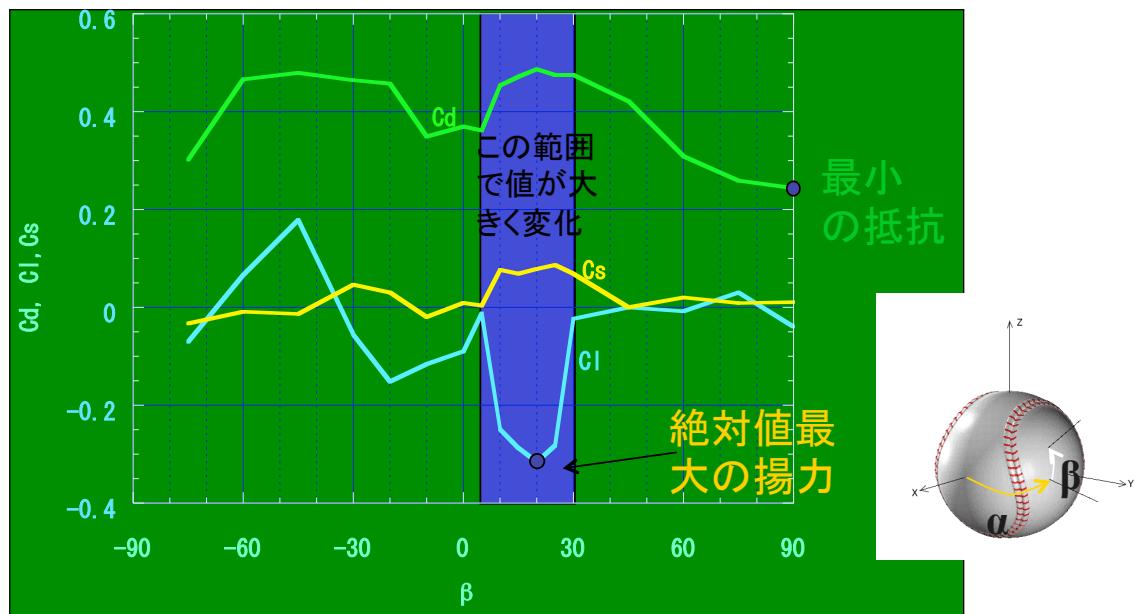
No. of Grids :  
169x92x101

2014/11/7

Visualization Conference

16

## 2シームの縫い目と抵抗



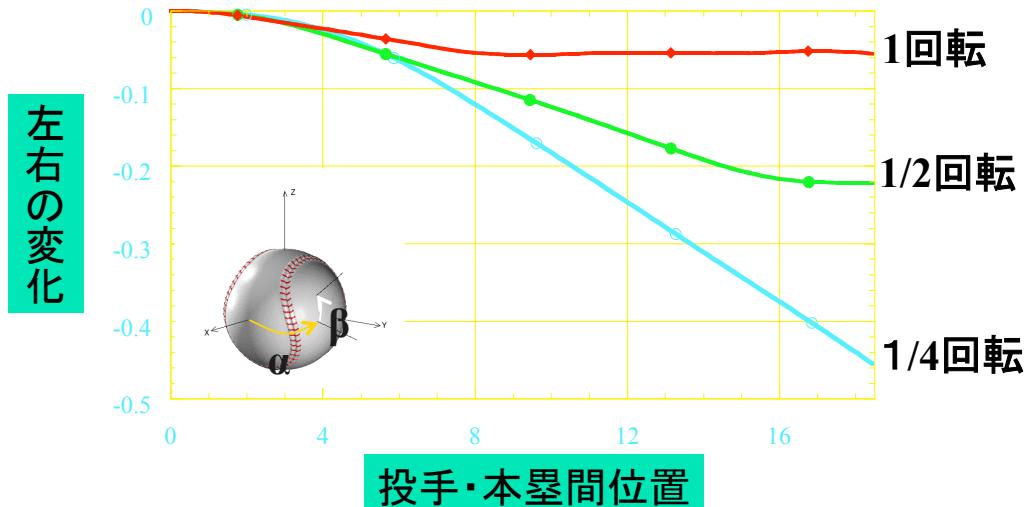
2014/11/7

Visualization Conference

17

## 横力の変化による変化球

- $\beta$ が変化するようにN回転(投手・本塁間)



2014/11/7

Visualization Conference

18

# 奇妙な変化球は実在する？

- ナックル、パームボール、伝説の杉下のフォーク



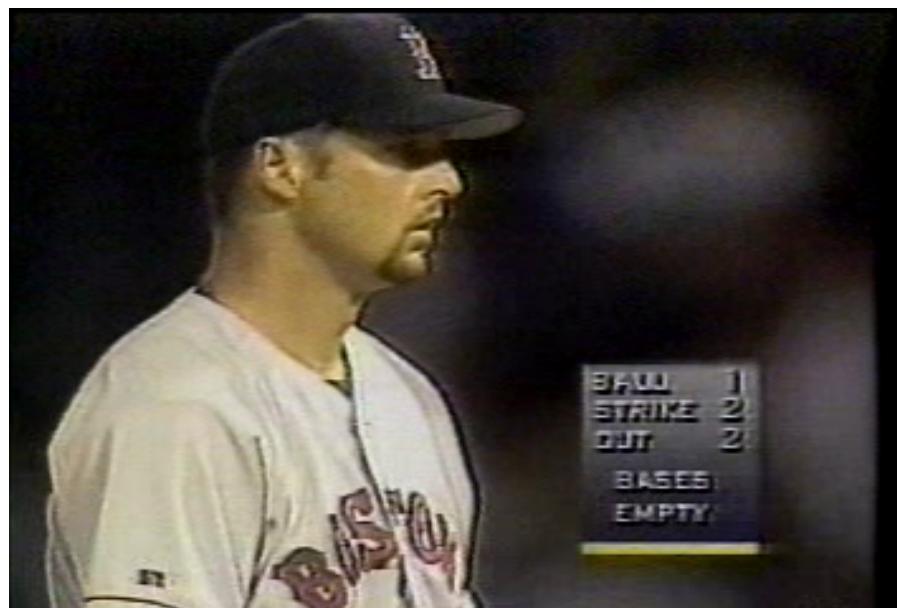
福岡工業大学、溝田先生のホームページより

2014/11/7

Visualization Conference

19

## ナックル・ボールの映像

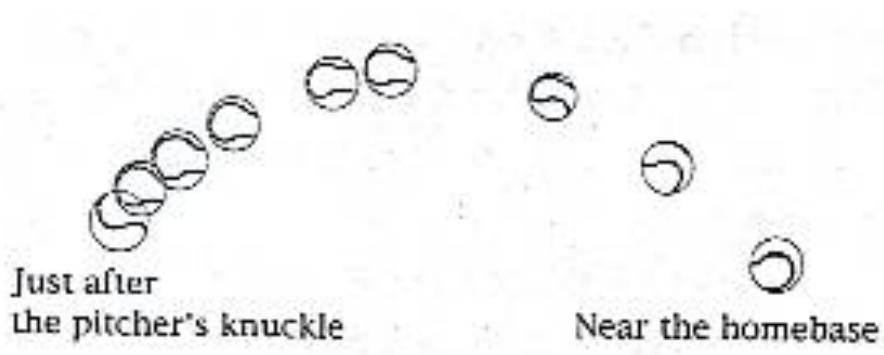


2014/11/7

Visualization Conference

20

# 回転しないように投げるナックル



- 溝田先生の論文‘ナックルの不思議’より

2014/11/7

Visualization Conference

21

# 他に新しい魔球は創れない？

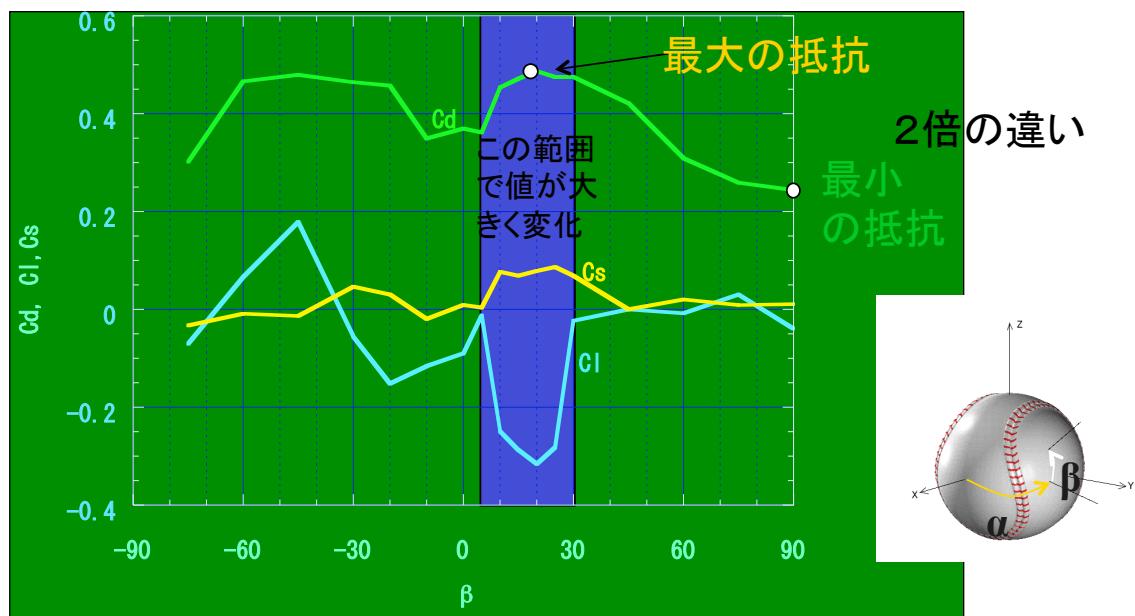
- 横力の変化を使ったナックル系変化球
- 抵抗の変化を使ったらどうなる？
  - 軌道の変化は小さいが、タイミングが変化

2014/11/7

Visualization Conference

22

## 再度2シームの変化



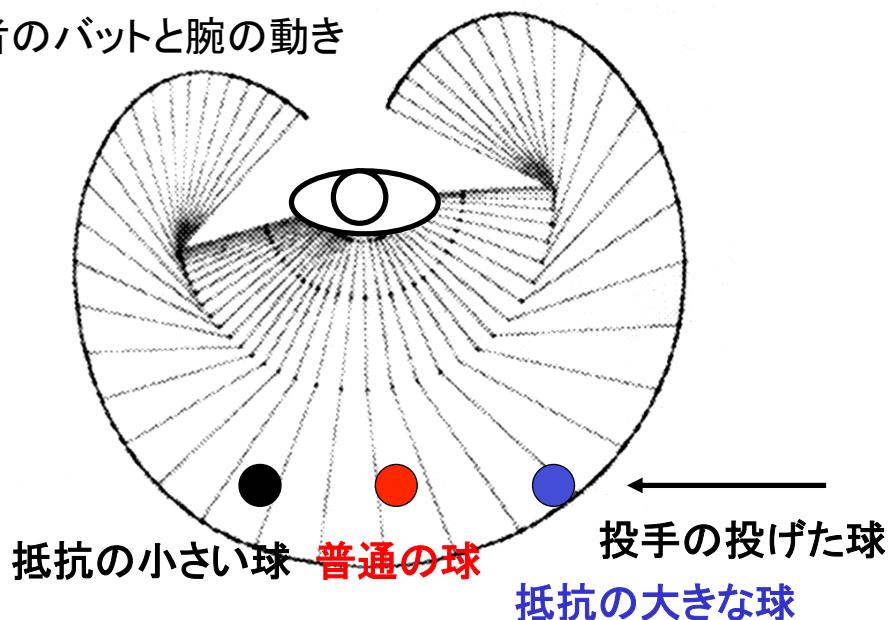
2014/11/7

Visualization Conference

23

## タイミングをはずす魔球？

打者のバットと腕の動き



2014/11/7

Visualization Conference

24

# 実際に計算してみると

	直球	フォークボール	抵抗小	抵抗大
初速(m/s)	37.5	37.5	37.5	37.5
終速(m/s)	33.7	31.8	35.6	34.6
差	3.8(10%)	5.7(15%)	1.9(5%)	2.9(8%)
落差(m)	0.58	1.42	1.25	1.3
直球との差	0	-0.84	-0.67	-0.72
時間(s)	0.519	0.538	0.505	0.514
直球との差	0	0.019(3.5%)	-0.014(-2.7%)	-0.005(-0.1%)

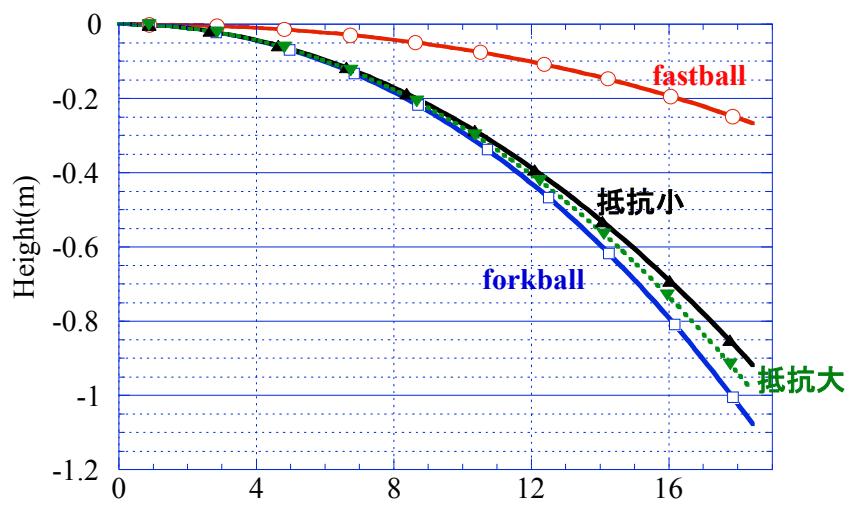
2014/11/7

Visualization Conference

25

# 軌道は？

- 直球・大/小抵抗・フォークの比較



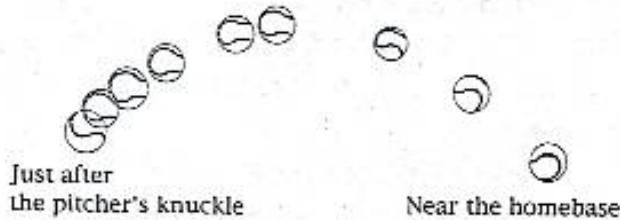
2014/11/7

Visualization Conference

26

# ところが、問題が…

- 無回転・高速で投げるのは絶望的
- しかも、無回転で投げても勝手に回転



- 溝田先生の論文‘ナックルの不思議’より

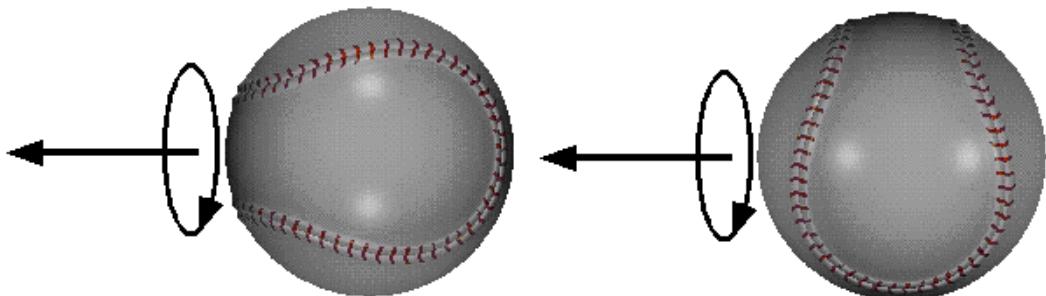
2014/11/7

Visualization Conference

27

# 解決策

- アメフトのパス
- 飛ぶ方向と回転軸が同じ回転を使う
- 手塚和志氏のいうジャイロボール



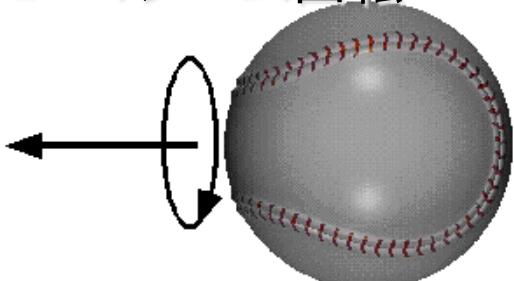
2014/11/7

Visualization Conference

28

## 2種類の計算

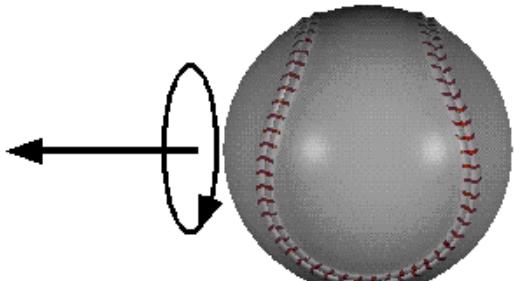
- 4シーム回転



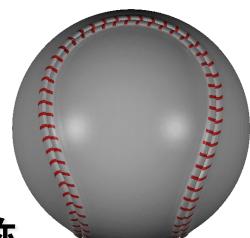
点対称

2014/11/7

- 2シーム回転



正面から  
見ると

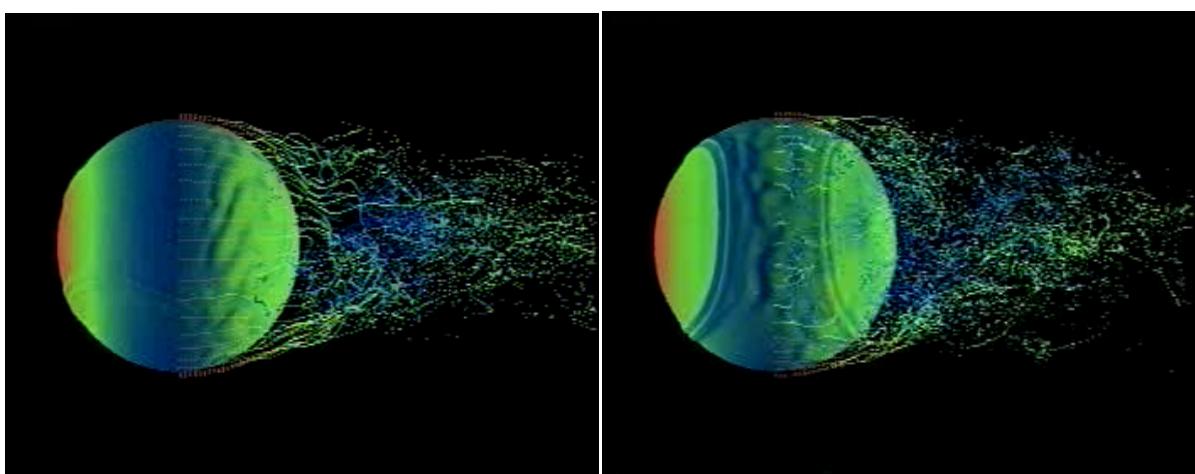


上下非対称

Visualization Conference

29

## 流れの違い



■4シーム回転

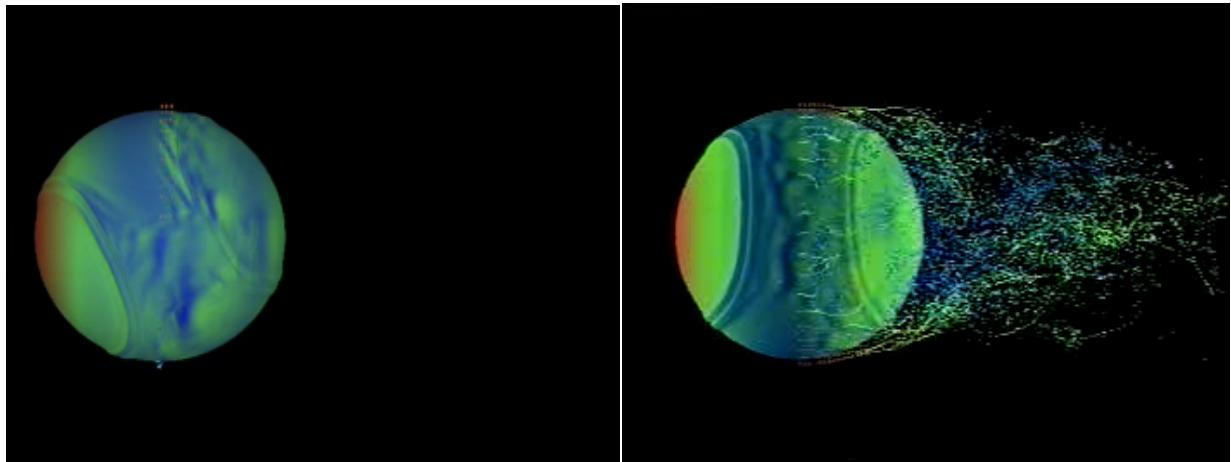
■2シーム回転

2014/11/7

Visualization Conference

30

## 2シームジャイロとフォークボール



■2シームジャイロ

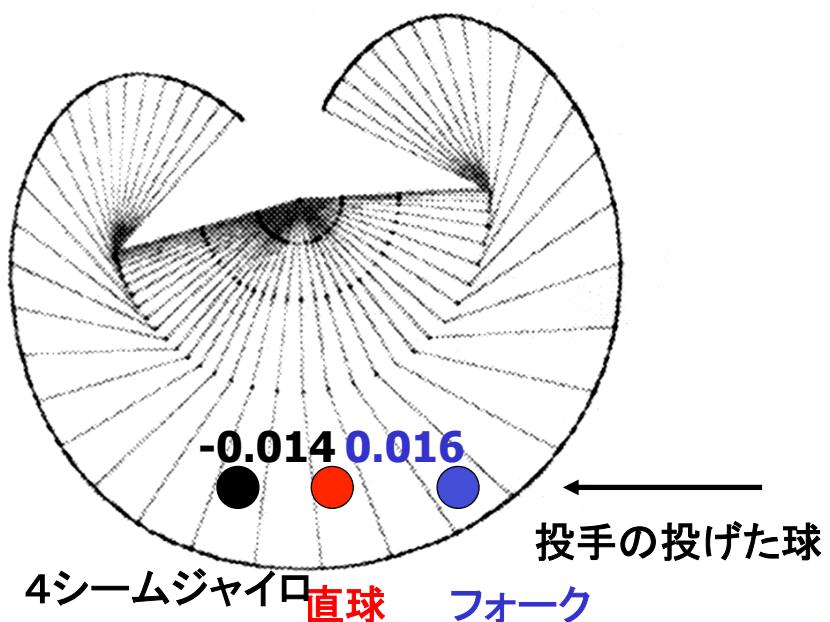
■フォークボール

2014/11/7

Visualization Conference

31

## タイミングの差



2014/11/7

Visualization Conference

32



# ボール変化のようす



2014/11/7

Visualization Conference

33



ジャイロボールの解析で予測された  
空気抵抗の変化は本当か

電気通信大学・宮寄研究室との  
共同実験

# 実験に使用したピッキングマシン



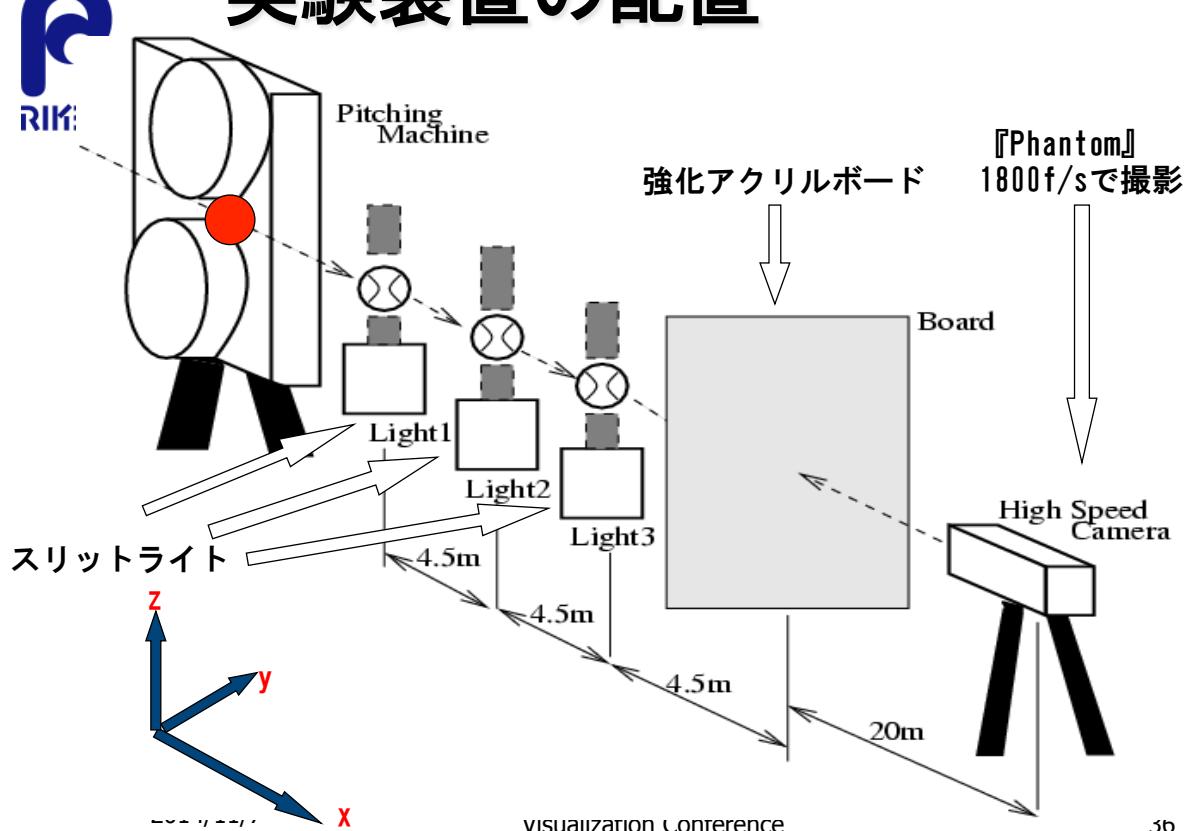
電通大及び理化学研究所所有のマシン

2014/11/7

Visualization Conference

35

## 実験装置の配置



# 実際の映像(ジャイロ)



$SP \approx 0.23$



2シーム  
129 km/h

$$Re \doteq 1.80 \times 10^5$$

2014/11/7

$SP \approx 0.12$



2シーム  
151 km/h

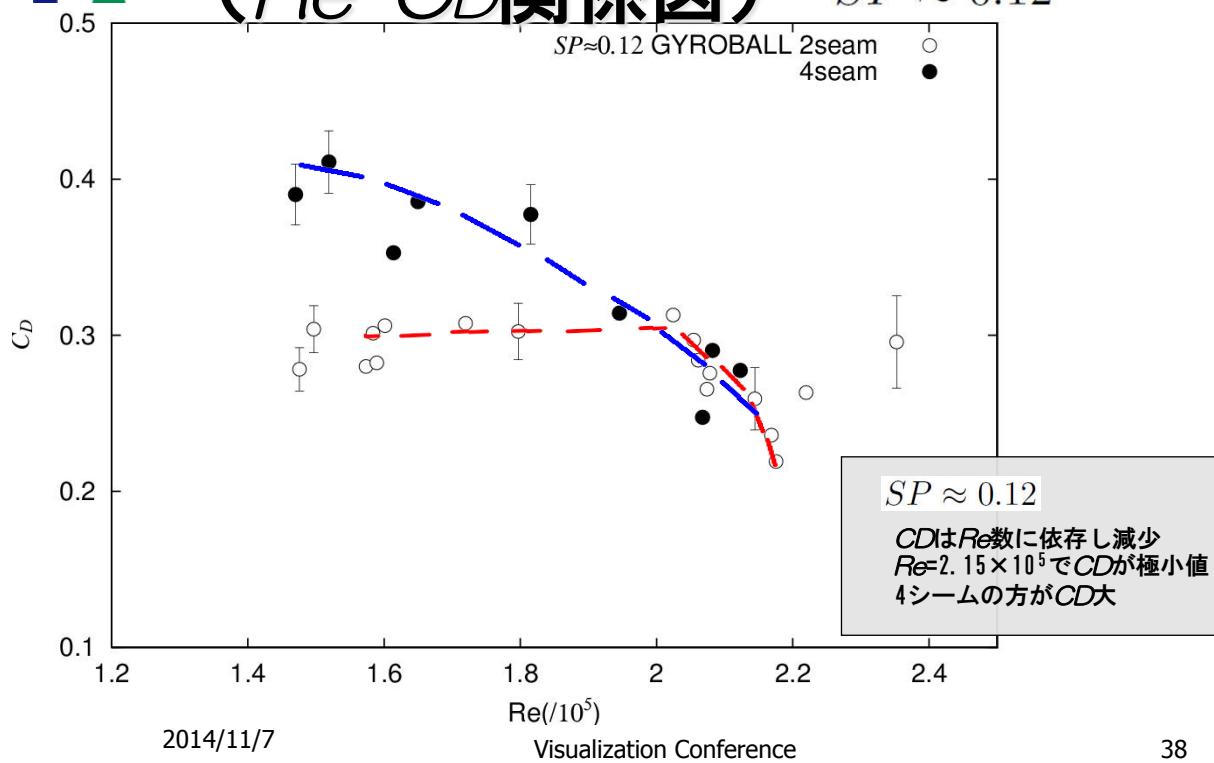
$$Re \doteq 2.16 \times 10^5$$

Visualization Conference

37

## ジャイロボール ( $Re-C_D$ 関係図)

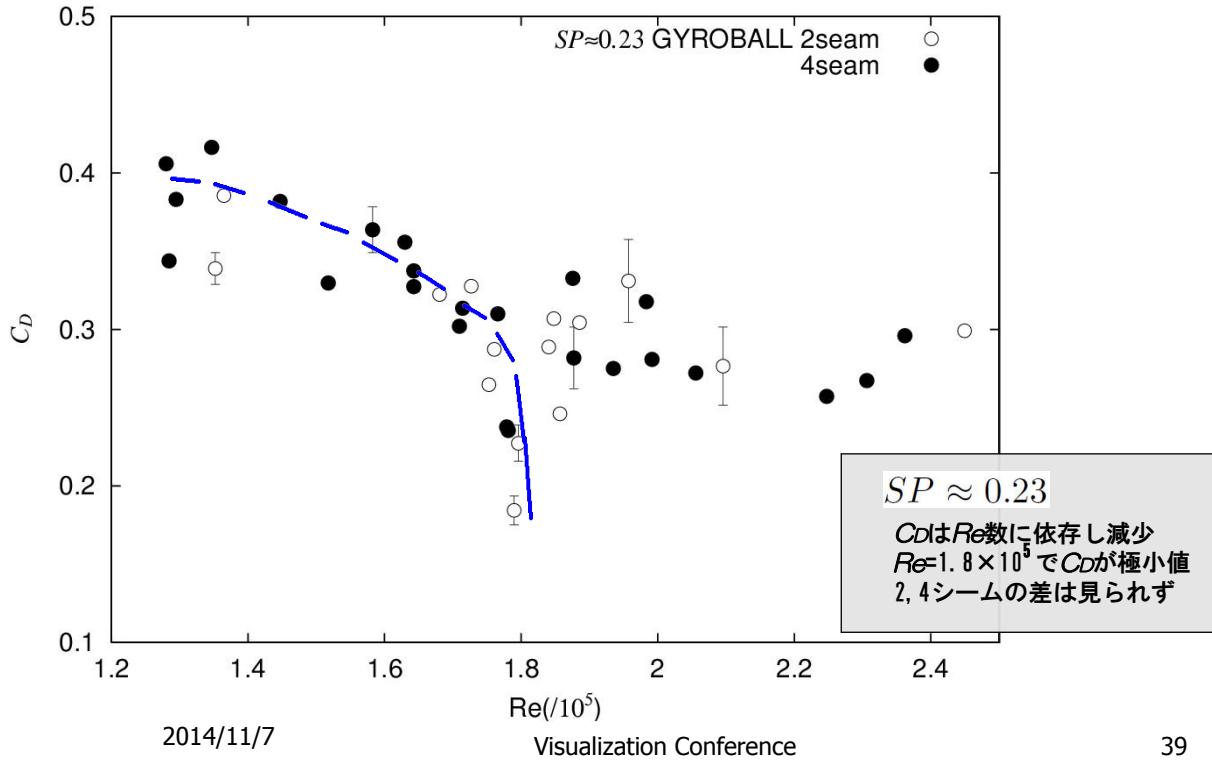
$SP \approx 0.12$





## ジャイロボール ( $Re$ - $CD$ 関係図)

$SP \approx 0.23$



### Result.1 - GYRO $Re$ - $CD$



Major League

$Re \doteq 140,000$

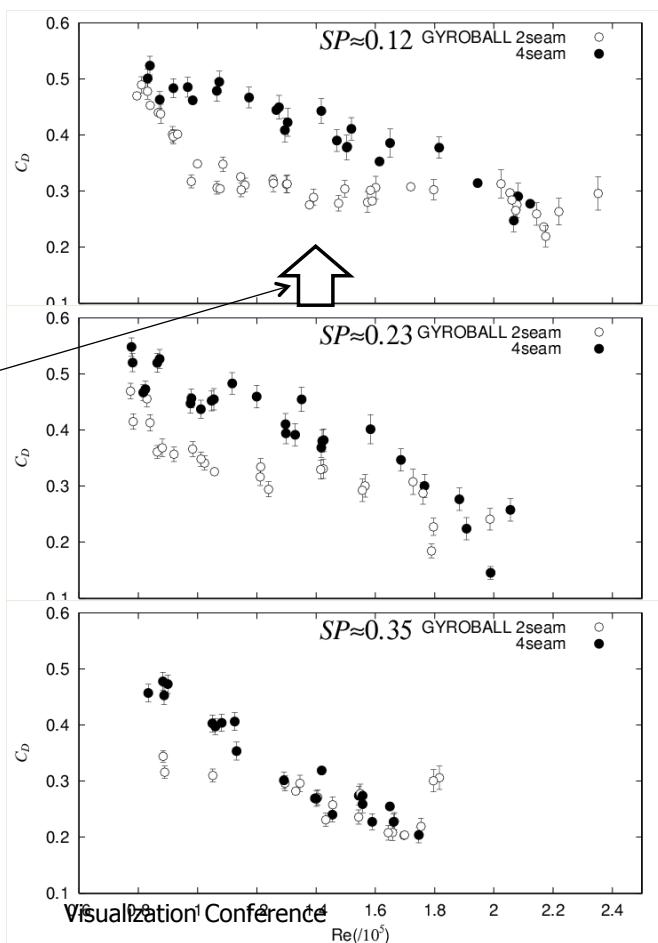
2seam Gyro-ball

$C_D \doteq 0.319$  ( $n=4$ )

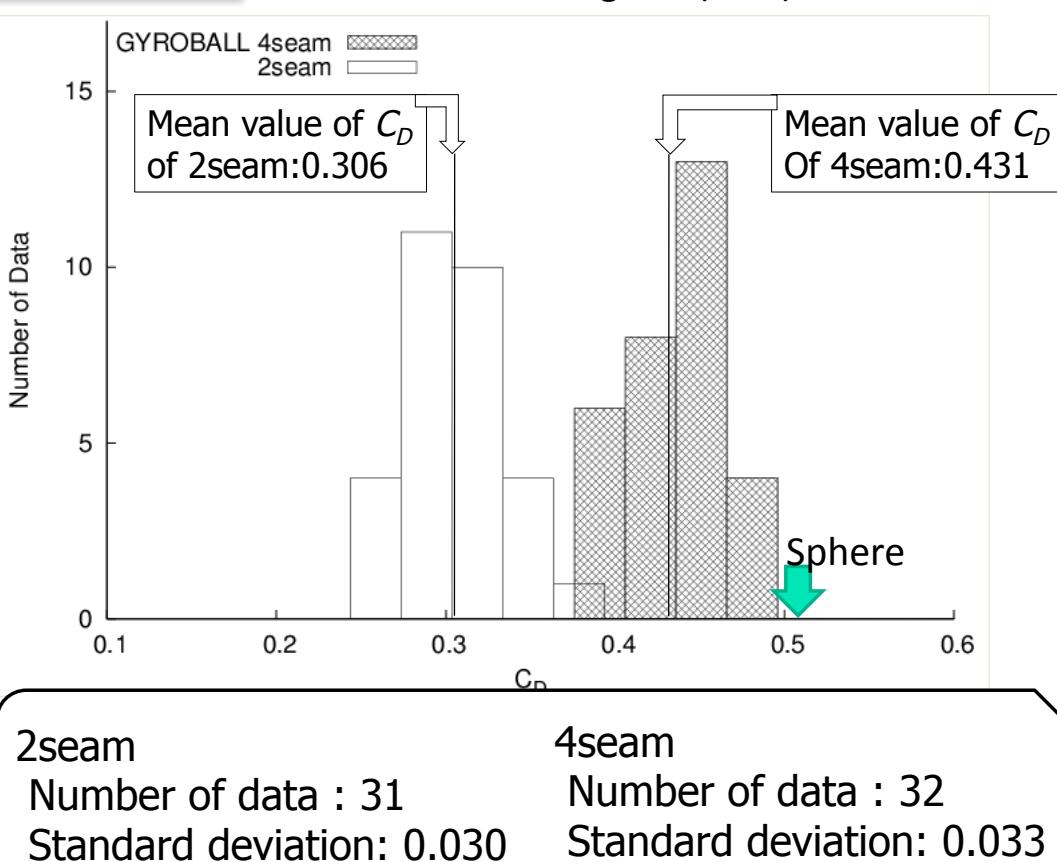
4seam Gyro-ball

$C_D \doteq 0.339$  ( $n=4$ )

2014/11/7

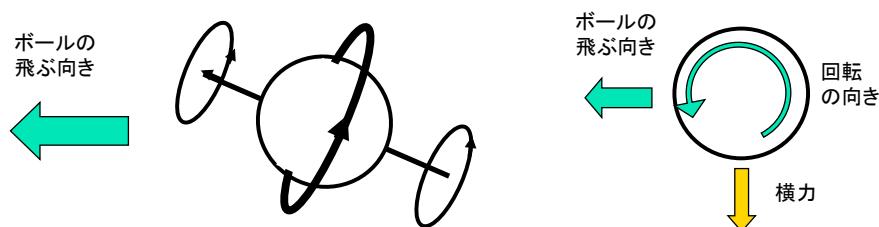


## Result.2 - GYRO $Re=140,000$ $SP=0.12$ Histogram (new)



## ここまで整理(1)

- 魔球と呼ばれるナックルボールの変化の原因をコンピュータによる流れの解析から解明
- ジャイロボールの変化も予測
  - 実験で実証
  - 実はジャイロボールはスライダーの一種
  - スライダーは誤解の多い変化球





## ここまで整理(2)

- 落ちる球の作り方
  - 回転数を落とす:SFFB、チェンジアップ
  - 回転軸を前に向ける
    - 斜め前横:カットボール
    - 斜め上:スライダー(横にも曲がる)
    - 正面:落ちるスライダー(ジャイロボール)
- 科学的な分析によって野球は更に進化する

2014/11/7

Visualization Conference

43



## なぜ藤川投手は打たれないのか？

2007年6-7月  
協力:TV朝日

# 2007年17投手高速度ビデオ解析

各投手BEST(ストレートのみ)	回転数(rps)	初速(時速)	回転軸傾き(度)
井川(HT) ストレート左	38.47	140	-45
石川(YS) ストレート左	38.47	136	-55
藤川(HT) ストレート右	45.46	149	5
牛田(YB) ストレート右	38.47		5
ゴンサレス(YS) ストレート右	38.47		30
ダーウィン(HT) ストレート右	38.47	148	45
安藤(HT) ストレート右	38.47	144	20
木田(YS) ストレート右	38.47	147	50
江草(HT) ストレート左	38.47		-45
松坂(SL) ストレート右	41.68	149	10
小林(TL) ストレート右	38.47	140	10
薮田(TL) ストレート右	38.47	145	15
クルーン(YB) ストレート左	43.49	157	-10
吉見(YB) ストレート右	33.34	143	10
グローバー(YG) ストレート右	38.47	147	10

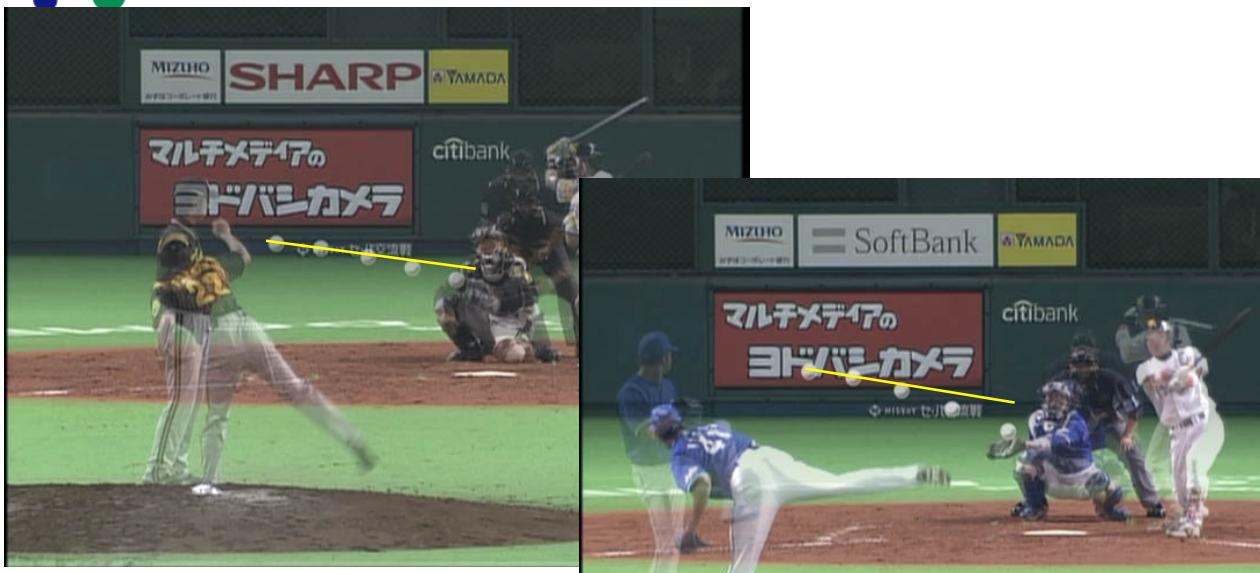
2014/11/7

Visualization Conference

45



## 藤川投手とクルーン投手の投球映像



2014/11/7

Visualization Conference

46

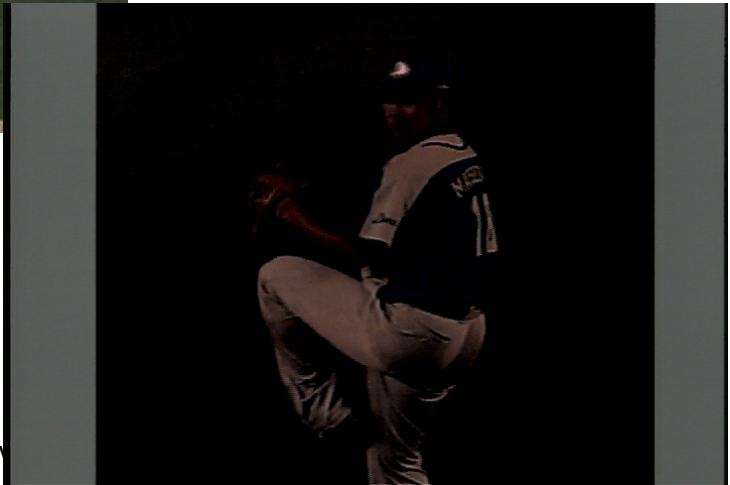


# 2007年松坂投手のスライダーが落 ちなくなつた？

NHKからの依頼



## NHKの依頼：落ちないスライダー？



2014/11/7



# 松坂の直球(2007.3)

TCR 00:29. 11:26  
PLAY LOCK



回転軸の傾き  
2006:10度

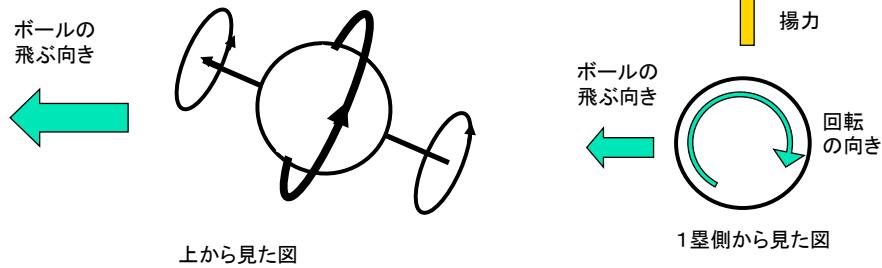
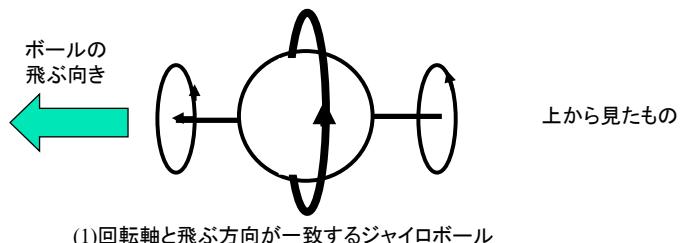
2014/11/7

Visualization Conference

2007:45-60度<sub>49</sub>



## まだある新しい変化球



2014/11/7

Visualization Conference

50

# ホップするジャイロボールの例

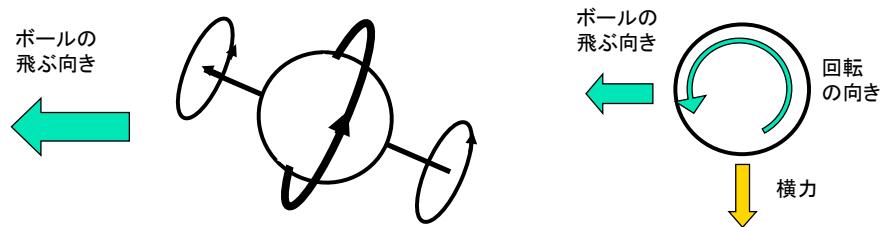


2014/11/7

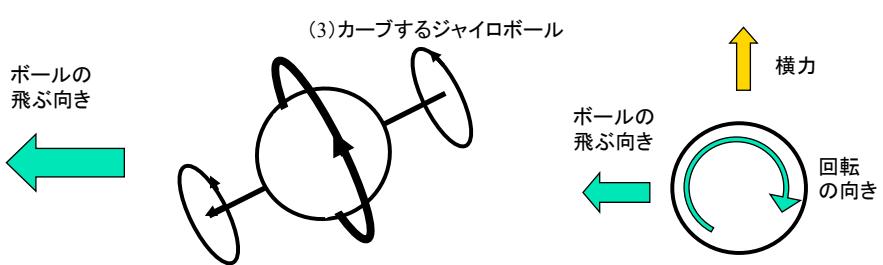
Visualization Conference

51

# 横に変化するジャイロボール



一塁側から見た図



一塁側から見た図

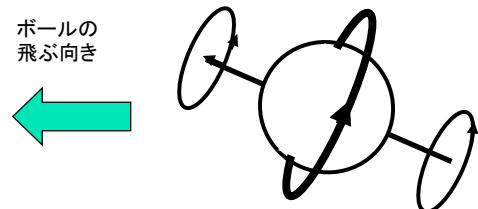
(3)カーブするジャイロボール

Visualization Conference

2014/11/7

52

# 途中から変化する球



一塁側から見た図



2014/11/7

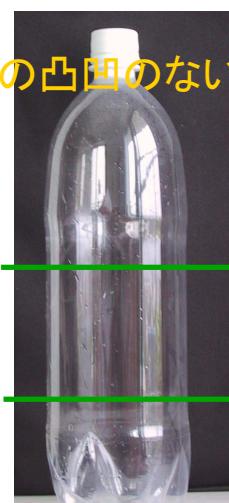
Visualization Conference

# ジャイロボール練習用器具

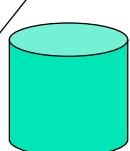
- ペットボトルから簡単にできる



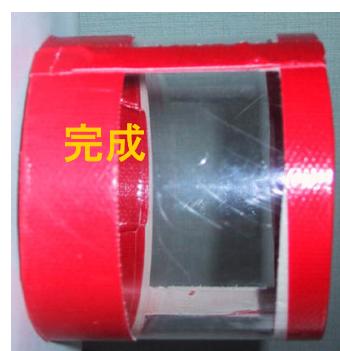
炭酸飲料の凸凹のないもの



cut



両端にテープ  
を巻く



完成



X-zylo  
(製品)

2014/11/7

Visualization Conference



## 投手トレーニング用に開発中のもの

### 1) 高速度ビデオの映像から

ボールの回転数と回転軸を自動処理するソフトウェアを開発中。ほぼ技術的めどが立った。

### 2) 野球ボール用のセンサーを開発中、夏に完成予定。高速度ビデオの自動計測システムで検定予定

2014/11/7

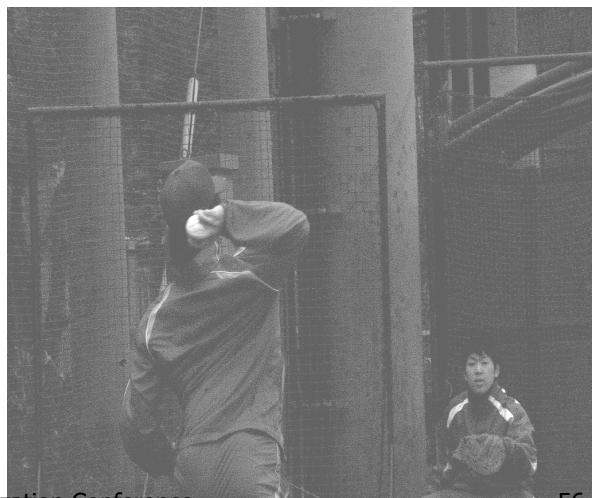
Visualization Conference

55

## 高速度ビデオ映像からの解析



高速度ビデオ映像  
ボール回転数最大50rps  
コマ数500 FPS以上あれば解析可能



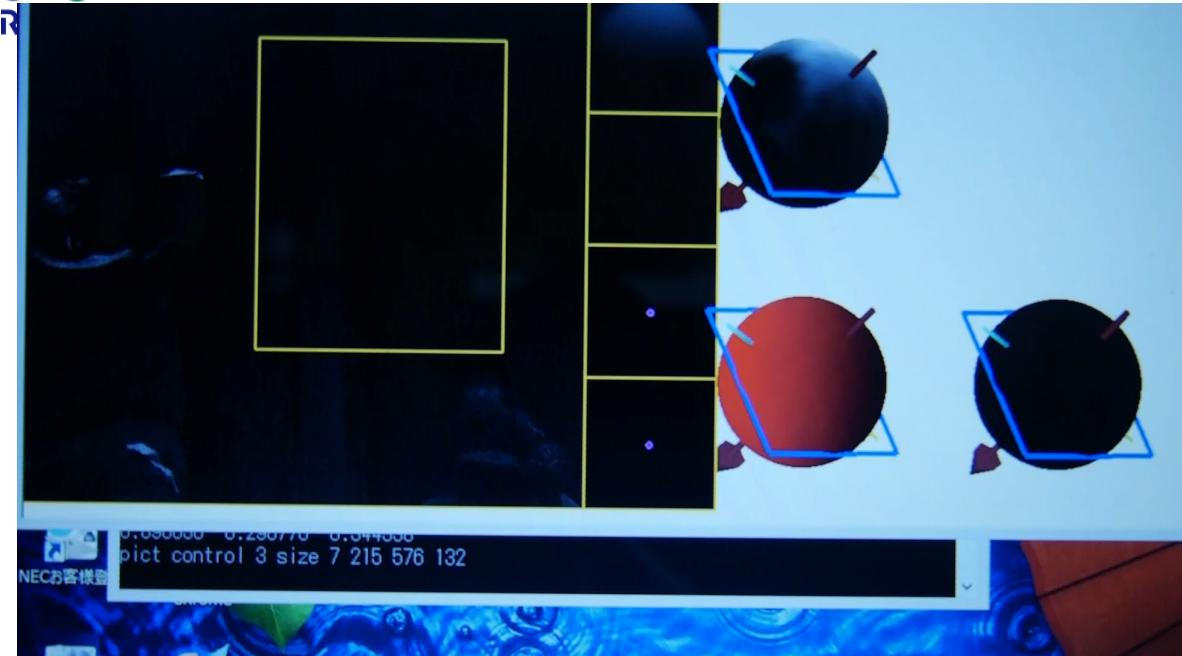
2014/11/7

Visualization Conference

映像撮影: 雷通大・宮崎研、



## 直球での解析例



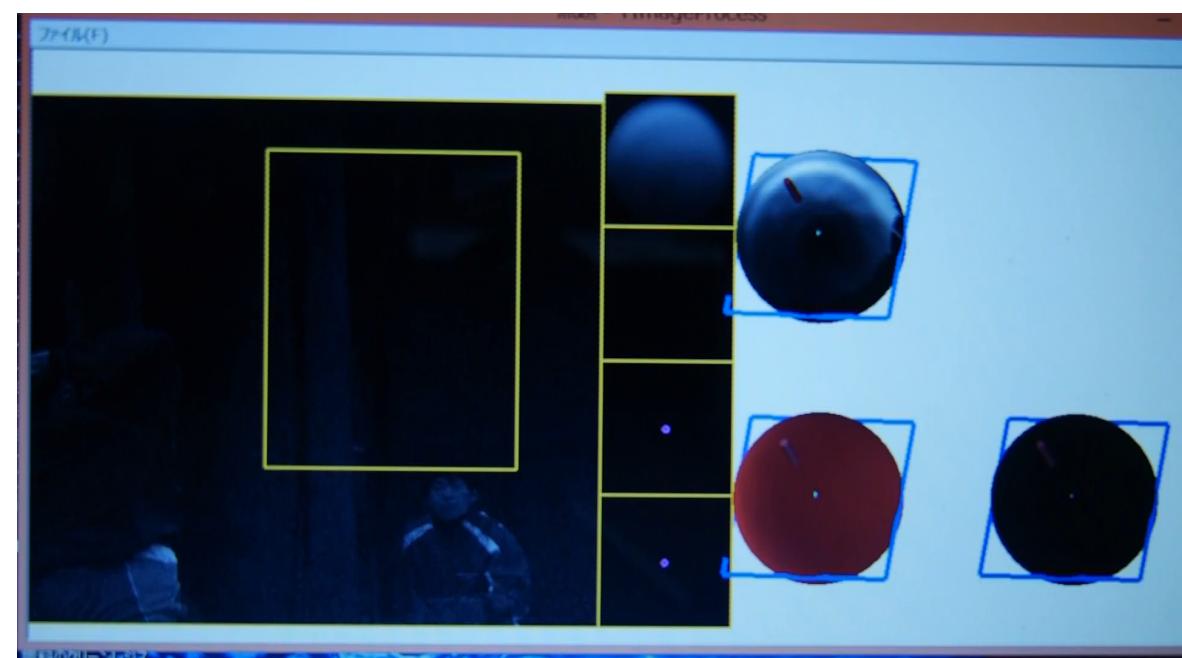
2014/11/7

Visualization Conference

57



## カーブの解析例



2014/11/7

Visualization Conference

58



# 解析結果

	Pitcher	Rotation(rps)	attack angle	yaw angle
curve ball	KSG	25.2	22.3	-31.7
	TKH	32.7	23.7	-17.7
	NKM	28.0	43.1	-31.7
Fastball	KSG	28.3	-17.8	69.0
	TKH	26.9	-9.1	42.6
	NKM	28.9	-24.8	51.6
Changeup	UMR	12.0	-8.8	12.2
2 seam ball	KSG	24.8	-22.4	71.3
forkball	KSG	9.7	6.5	-20.9

2014/11/7

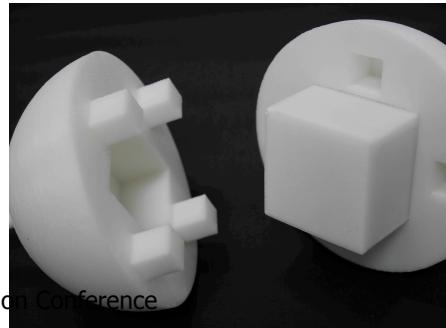
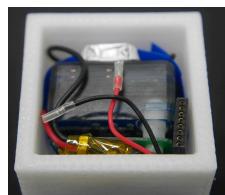
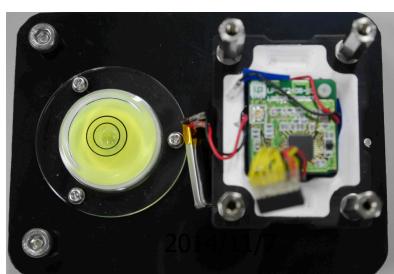
Visualization Conference

59



# センサー内蔵ボール

- 3軸の回転検出用加速度計 × 3
- 重心点用3軸加速時計
- 通信ユニット
- メモリーユニット



Visualization Conference

60



# まとめ

コンピュータ・シミュレーションは強力で今後も有望  
実験と両方行うことできさらに威力

身近な問題でも未知の現象が  
思い込みが新しい発見を見えなくさせる

夢を見ること、夢を持つことが大切

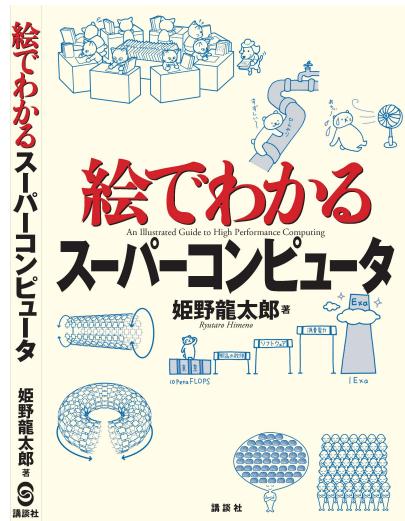
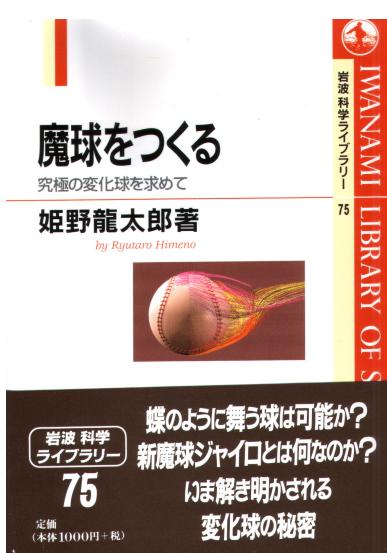
2014/11/7

Visualization Conference

61



# 参考図書



2014/11/7

Visualization Conference

62