

# A Prototype of Technique Training System for Human Motion (Swing)

Tetsuya S. SHIMIZU,  
Yoshiyuki MOCHIZUKI,  
Taku KOHMURA,  
Ryutaro HIMENO

# スイングなど人体動作における 技術練習支援システムの プロトタイプ

清水鉄也

望月義幸

幸村琢

姫野龍太郎

# 人体動作における技術 ダブルスピン原理

- 投球動作において最適化計算  
→ ダブルスピン原理の重要性  
回転する2軸においてコリオリ力が重要な  
役割を果たす加速メカニズム（遠心力とコリオリ力）  
（どう体温計を振っているか？）
- 最適化計算を利用して、  
よりハイレベルの技術の修得に役立つはず
- 比較的単純なゴルフスイングから、  
スピードだけでなく精確さも要求される面白さ

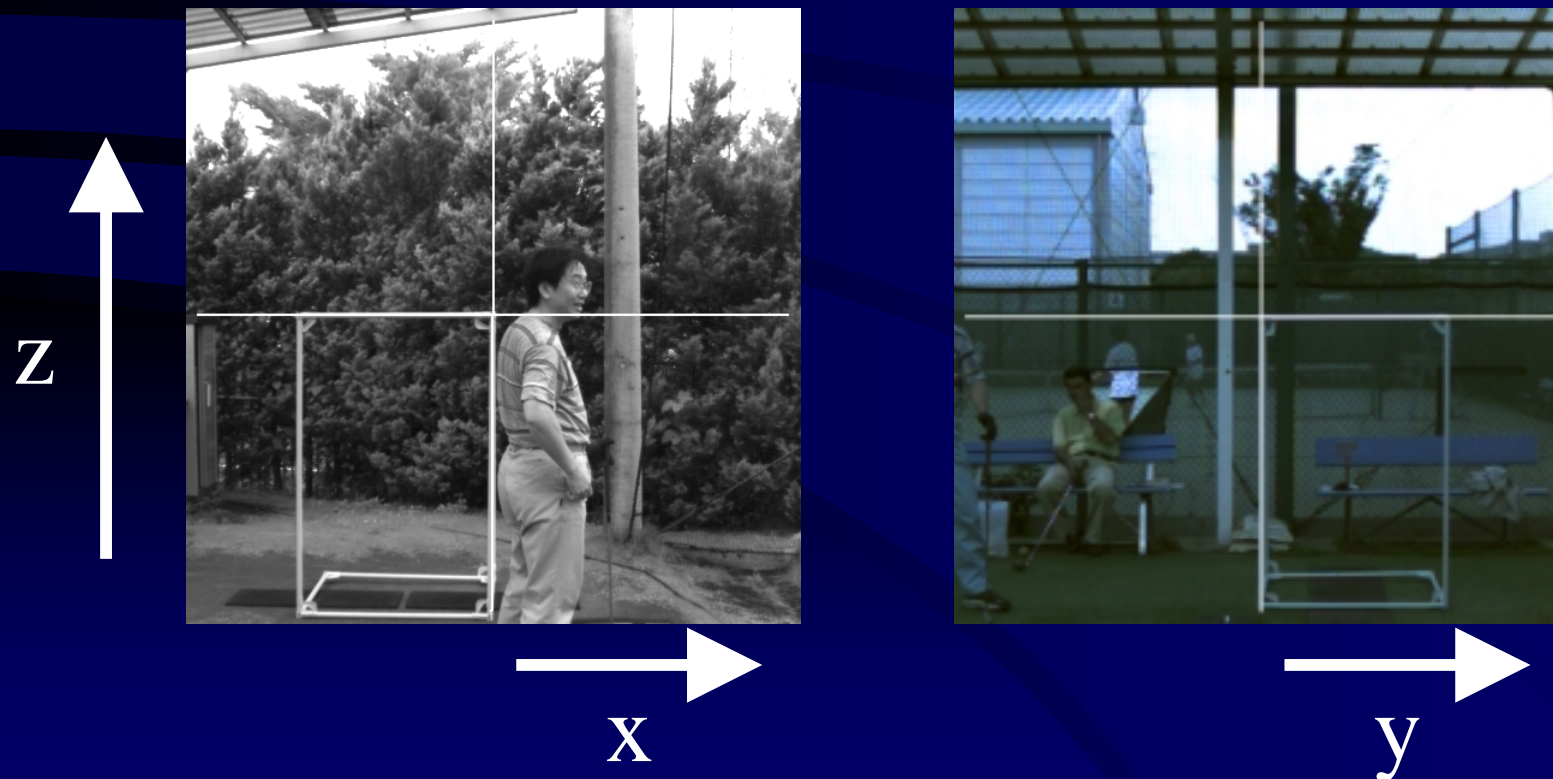
# スイング技術練習システムの 概要



- 高速度ビデオカメラ2台によるスイングの3D実測  
1000 frames/sec @ 512x512 pixels
- 関節角を変数とするトルクモデルを用いて  
最適化計算（準ニュートン法、BFGS公式）
- スイング動作およびトルクの時間変化を  
実スイングと最適化とで比較して技術診断

# 高速度ビデオカメラによる スイングの実測(1)

- 3次元ステレオ同期撮影
- パイプフレームを利用してカメラレンズ補正



# 高速度ビデオカメラによる スイングの実測(2)

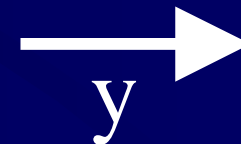
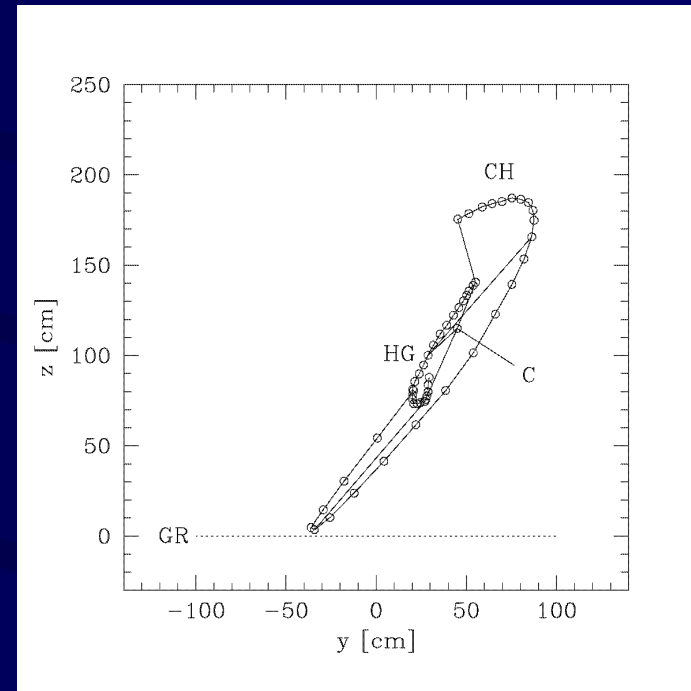
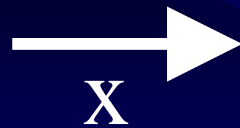
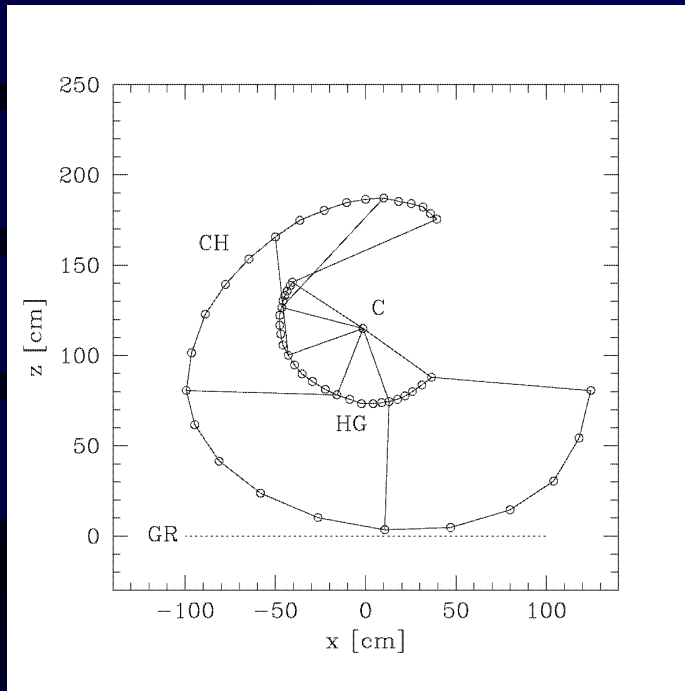
2台の同期撮影  
カメラ1 ← → カメラ2



# 2台のカメラ画像を 3次元動作データに変換(1)

- カメラ映像がほぼ直交座標系の平行面
- クラブヘッド中心とグリップ中心をクリック
  - トラッキングツールによる自動化を検討中
- カメラの有限距離補正

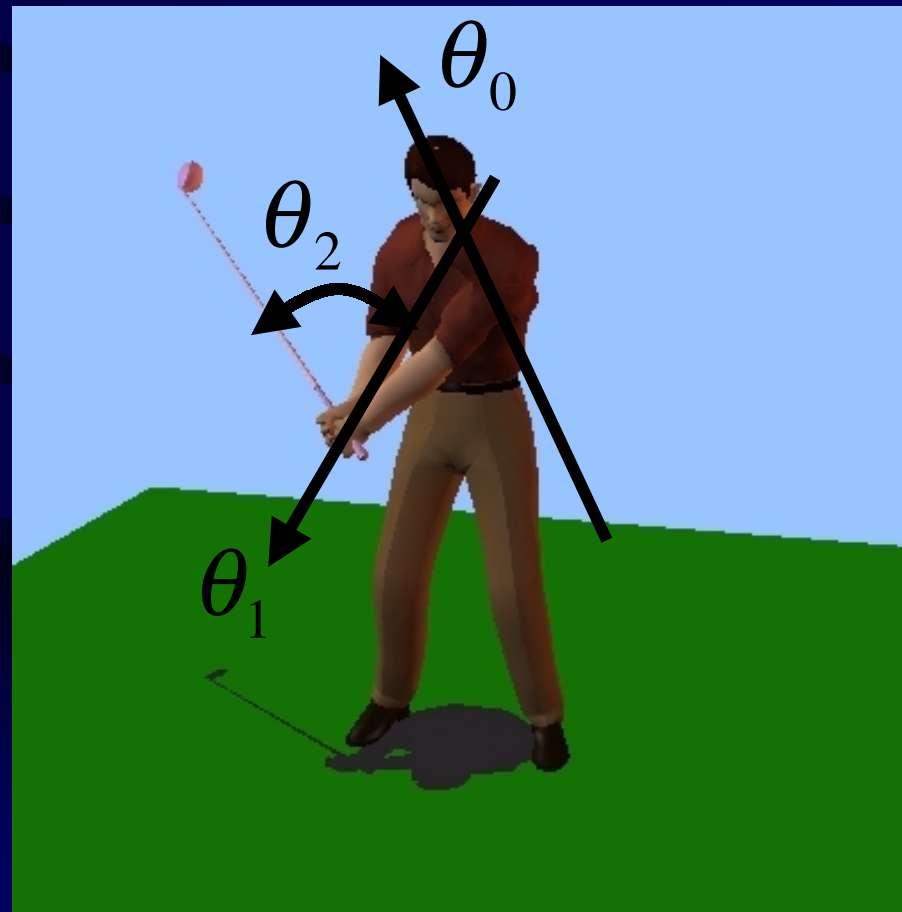
# 2台のカメラ画像を 3次元動作データに変換(2)



C: 胴体回転中心 HG: グリップ中心 CH: クラブヘッド GR: 地面



# 3次元データを 関節角データへ変換



数学モデル  
自由度3

$\theta_0$   
胴体周りの回転

$\theta_1$   
腕軸周りの回転

$\theta_2$   
腕軸とクラブの角  
(コック角)

# 3次元データを 関節角データへ変換(2)

- 関節角  $\theta_0$   $\theta_1$   $\theta_2$  の自由度3



- グリップ3D座標3個、クラブヘッド3D座標3個
  - 腕の長さとクラブの長さの制約2個
  - 腕の軌道面を仮定(1個)
  - = 自由度3
- あとは、ベクトル解析

# 実測スイングをもとに 最適化計算

- 実測スイングを初期条件として最適化計算実行
- 目的関数(最小化):
  - トルクの2乗の和
  - トルクの1階微分の2乗の和
  - トルクの2階微分の2乗の和
  - クラブヘッド軌道の滑らかさ
- 目的関数(ペナルティ):
  - 最大クラブヘッドスピードが (37.0m/s より) 遅い場合
  - 手首の周りのトルクがかかり過ぎた場合
  - 関節の可動域を越えた場合

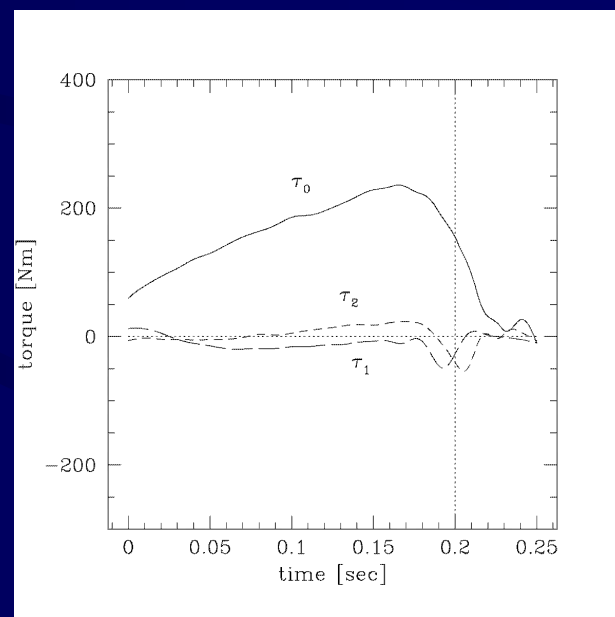
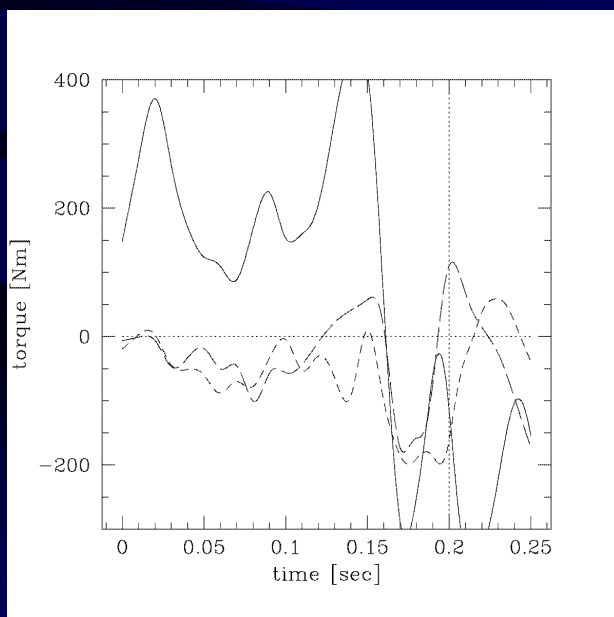


# 現実のスイングと 最適解との比較

- より小さな力(トルク)で同じヘッドスピードを再現できる最適解が存在

トルク  
正

トルク  
負



# スイング技術の診断

- 今回の実スイングは、（理研ゴルフ部の上級者）  
スイング原理の基本がしっかりできている。
- さらなる改良の余地あり：（もっと軽く振れる）
  - インパクト直前に体の回転を減速している。  
→ 加速を抑えるだけでよい。
  - ダウンスイング開始時に胴体回転で力入れ過ぎ。  
→ ダウンスイング半ばに加速最大になるように、  
より滑らかな体の回転を（体も回し過ぎ）
  - 手首のコックを早く戻すような力が手首に入っている。  
（コックをほどくタイミングはよい）  
→ 軽くクラブを腕に引きつけるくらいでよい。
- 今後も定期的に技術指導を継続する予定

# まとめ

## 技術練習支援システム

- 実測スイングを初期データとして最適化計算
- 同じスイングスピードを実現し、  
より力(トルク)の少なくて済む最適解を得た。
- 現実のスイングと最適解を比較することにより、  
修正箇所を具体的に指摘し、  
個人の特性に応じた技術指導ができた。
- この技術練習支援システムの  
有効性を示すことができた。

# 現段階の問題点

- 力学モデルがまだまだシンプル
- 今回の目的関数は力学的効率のみ  
(力の最小化、滑らかさなど)で、  
スイングの精確さについてはまだ
- 最適解を実際に比較的容易に  
実行できて修得できるか不明



# 今後の課題

- 個人の好みに合わせた目的関数を設定  
飛ばし屋 or コントロール第一
- オーダーメイドの練習プログラム  
(MRI など身体データの計測)
- 最適解だけでなく、最適解への道のりを示す。  
→ 怪我を防ぐ練習方法を提示
- 効率的な練習方法で練習時間を短縮  
→ 一流選手のさらなるレベルアップ  
→ 疲労性のケガ減少  
→ 一般人がスポーツに参加しやすい環境