

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

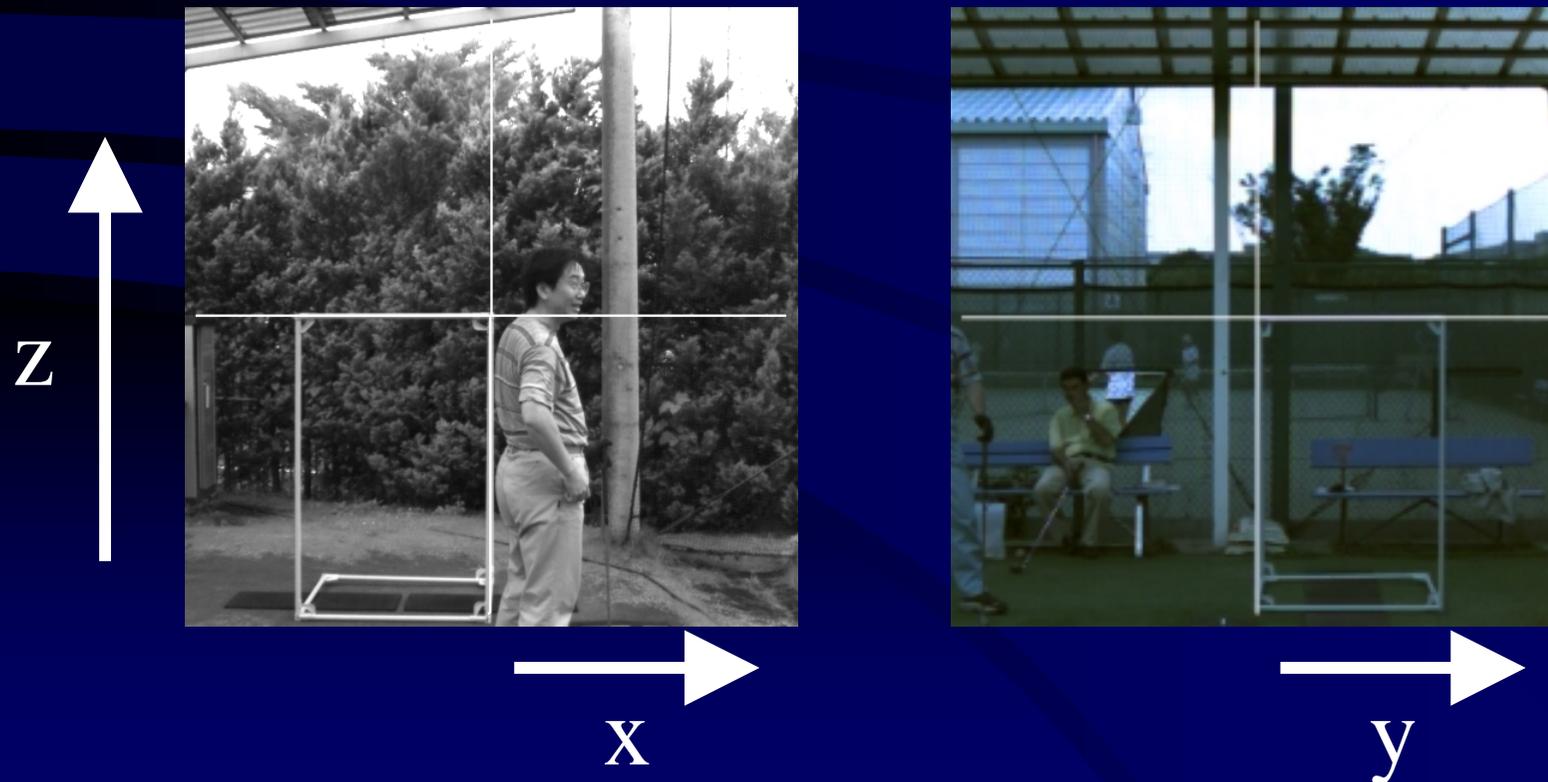
スイング技術練習システムの 概要



- 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)

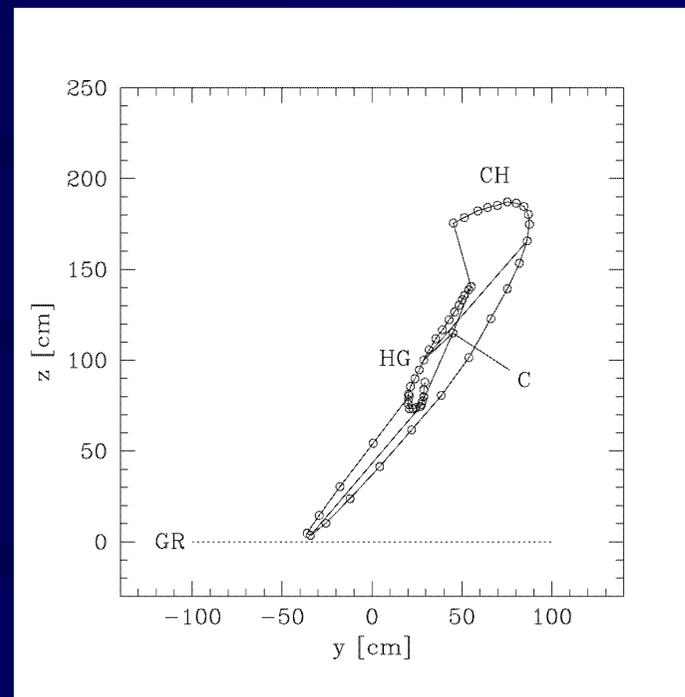
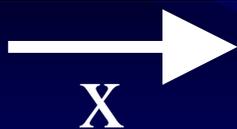
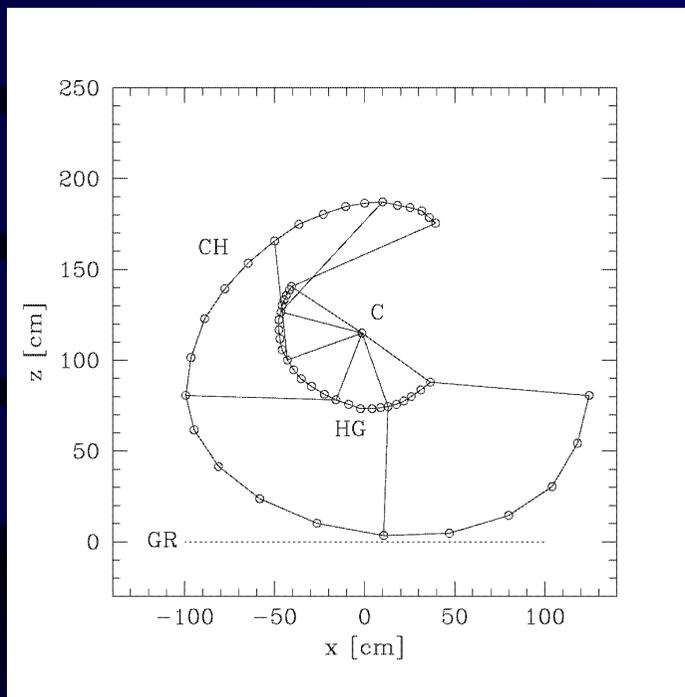
カメラ1 ← 2台の同期撮影 → カメラ2



2台のカメラ画像を 3次元動作データに変換(1)

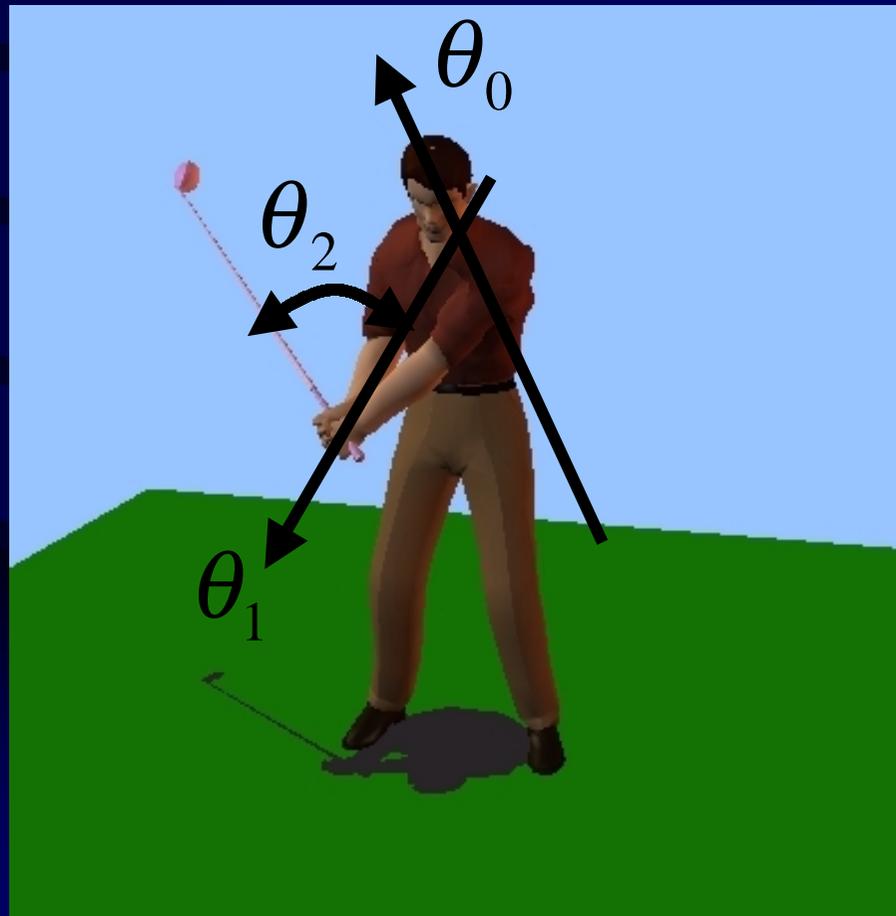
- カメラ映像がほぼ直交座標系の平行面
- クラブヘッド中心とグリップ中心をクリック
 - トラッキングツールによる自動化を検討中
- カメラの有限距離補正

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

θ_0
胴体周りの回転

θ_1
腕軸周りの回転

θ_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 θ_0 θ_1 θ_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

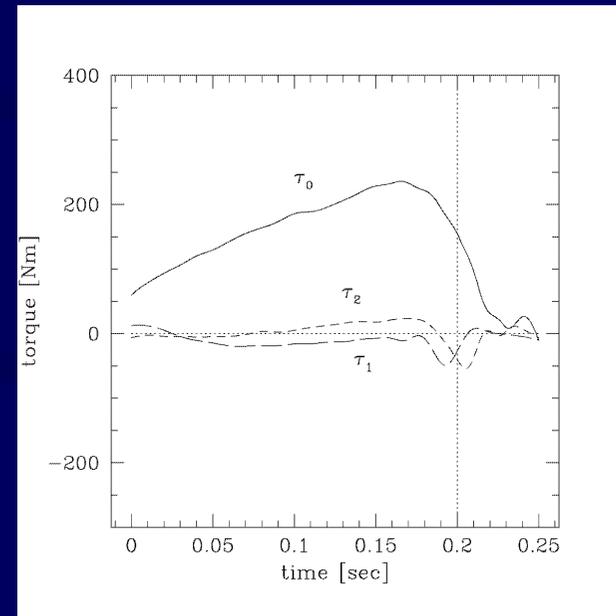
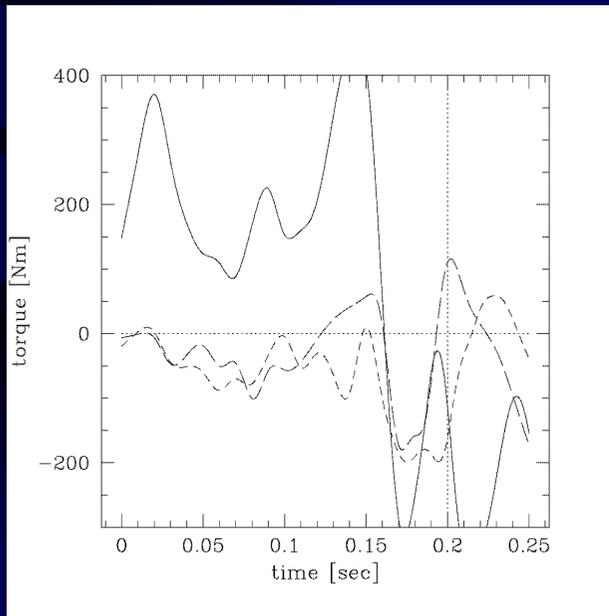
- 実測スイングを初期条件として最適化計算実行
- 目的関数(最小化):
 - トルクの2乗の和
 - トルクの1階微分の2乗の和
 - トルクの2階微分の2乗の和
 - クラブヘッド軌道の滑らかさ
- 目的関数(ペナルティ):
 - 最大クラブヘッドスピードが (37.0m/s より) 遅い場合
 - 手首の周りのトルクがかかり過ぎた場合
 - 関節の可動域を越えた場合

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