OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Reference respiratory waveforms by minimum jerk model analysis
Author(s)	姉帯, 優介
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/69423
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

論文審査の結果の要旨及び担当者

（申請者氏名）　姉帯　優介

	（職）	氏　名
論文審査担当者	主　査　大阪大学教授	小川和彦
	副　査　大阪大学教授	小泉雅彦
	副　査　大阪大学教授	富山憲幸

論文審査の結果の要旨

呼吸によって体内の臓器の形状や位置が変化する。強度変調放射線治療などの高度な位置精度を要求する治療においおいては、できるだけそのような位置誤差の影響を小さくするような呼吸同期という技術がある。CyberKnifeにおいては、間欠的に撮影された体内の腫瘍の位置と体外のLEDマーカーの位置を光学的に連動させて腫瘍を追尾し、放射線を照射する。CyberKnifeを用いた治療では、患者の呼吸パターンと追尾のしやすさの相関があることが臨床的に分かっているが、詳細は解明されていない。本研究では、位置の三階微分である躍度を用いて、この躍度が最適となるような呼吸波形を患者ごとに提案できることを示し（躍度呼吸基準波）、実際に適用させた場合、CyberKnifeの追尾精度を向上させることを示した。医学的な観点と物理学的な観点を組み合わせた本研究はまさに医学物理分野として相応しい研究と成果であり、博士（医学）の学位授与に値する。

論　文　内　容　の　要　旨
Synopsis of Thesis

氏　名 Name	姉帯　優介
論文題名 Title	Reference respiratory waveforms by minimum jerk model analysis （躍度最小理論を用いた呼吸基準波）

論文内容の要旨

〔目　的(Purpose)〕

CyberKnifeはSynchrony©モードを用いて呼吸追尾を位置誤差2 mm以内で達成できると報告されているが、不規則で急激な動きは位置誤差を大きくし、機械的な負荷を強くする。治療中患者の呼吸は複雑であるが、呼吸追尾を平易にするような患者固有の呼吸基準波を提案し検証する。

〔方　法(Methods)〕

滑らかな軌道や快適性を時間三階微分の躍度を用いて表現する躍度最小理論を用いて患者の平均呼気周期TE、吸気周期TI、平均振幅Aをパラメータとする躍度呼吸基準波を作成する。躍度最小理論 $\delta \int (d^3x/dt^3)\, dt = 0$ に従い躍度呼吸基準波 x_{jerk} は下記の式とした。

$$x_{jerk} = A[6(t-\tau)^5/TE^5-15(t-\tau)^4/TE^4+10(t-\tau)^3/TE^3],\ (0 \leqq t-\tau \leqq TE), \quad (*1)$$
$$x_{jerk} = A[1-6(t-\tau)^5/TE^5+15(t-\tau)^4/TE^4-10(t-\tau)^3/TE^3],\ (TE \leqq t-\tau \leqq TI+TE), \quad (*2)$$
$$\tau = floor(t/(TI+TE))*(TI+TE), \quad (*3)$$

同じ呼吸周期と振幅をもつ躍度呼吸基準波、典型自由呼吸波、cos波に沿って呼吸ファントムを動かしたときに、赤色レーザーを出力させ追尾を行った。呼吸ファントムには紙面を取り付け、投影されたレーザー光を光学的に解析し、ファントム紙面中央より動経方向に外れた距離をdiscrepancyとして評価した。

〔成　績(Results)〕

躍度呼吸基準波に沿って追尾を行った場合、discrepancyの最大値は典型自由呼吸波に対しては35%、cos波に対しては22%向上した。呼吸位相シフトに影響される呼吸追尾の安定性はdiscrepancyの範囲によって評価し、躍度呼吸基準波に沿って追尾を行った場合、典型自由呼吸波に対しては13%、cos波に対しては7%向上した。

〔総　括(Conclusion)〕

CyberKnifeを用いた追尾治療の最適呼吸に対する患者固有の呼吸基準波を提案し検証した。