Osaka University Knowledge Archive

Title	生体組織光学に基づく指尖内部組織の散乱透過光解析と指紋センサシステムへの応用
Author(s)	倉田, 恵美子
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/76568
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　倉田恵美子　）	
論文題名	生体組織光学に基づく指尖内部組織の散乱透過光解析と指紋センサシステムへの応用

論文内容の要旨

本研究の目的は、生体組織光学に基づいた皮膚と指尖内部組織の散乱透過光解析を行い、指紋表面の影響による画質低下を緩和する指紋センサシステムを開発し、実用化に向けた検討を行うことである。
指紋照合は様々な生体認証の中でも、万人不同・生涯不変が証明された最も重要な技術であるため、古くから様々な場所で使われてきた。しかし、照合性能は指紋センサの画質に大きく左右され、指紋の凹凸を読み出す従来の指紋センサでは指紋表面のシワや濡れによって指紋パターンが途切れ、しばしば照合に支障をきたしていた。本研究ではこの課題を解決するため、指紋部分の表皮内部構造に着目し、OCTを用いて非侵襲で様々な指紋の断層画像を取得・精査を行ったところ、角層の内部に、指紋の凹凸に対応した光散乱強度分布を持つ微細な構造を発見し、これをサブミリ構造と名付けた。サブミリ構造は、従来方式の照合低下の要因である指紋の表面状態によらずに存在することを確認した。つまり、皮膚の内部にもう1つの”指紋”が存在することを発見した。このサブミリ構造を読み出すために、指尖の背面に光を照射する赤色光源と、指尖組織内部を透過した散乱光を検出する撮像素子で構成された新しい指紋センサシステムを開発し、原理検証のために生体組織光学に基づきサブミリ構造の散乱透過光を解析するシミュレーションを行った。サブミリ構造は従来の生体組織光学で用いられた皮膚の層構造モデルでは再現できないため、新たに光散乱強度分布の異なる小構造が交互に並んだモデルを構築した。シミュレーションの結果、開発した指紋センサ画像と同様の明暗パターンが得られ、このセンサが光透過率分布を持つサブミリ構造を読み出していることを証明した。さらに、開発した指紋センサシステムの実用化に向けて、光源と撮像系の配置条件の検討を行った。照合性能の安定にはシェーディングが小さく明るい画像の取得が必要であり、実験的検証の結果、後爪郭（nail fold）近傍に光を照射するように光源を配置すれば良いことが分かった。一方、爪甲中央近傍に光を照射すると画像に飽和が発生するため、生体組織光学に基づいて組織散乱透過光の解析による指尖内部構造の推定を行い、透過光画像の輝度分布に寄与する内部構造は硬組織と軟組織であることを証明した。

1章では、指紋照合の歴史と課題および本論文の目的と構成について述べる。2章では、OCT画像の精査によるサブミリ構造の解明と、シワや濡れなどの指紋表面状態がサブミリ構造に及ぼす影響の検証を行った。3章では、サブミリ構造を読み出す新しい方式の指紋センサを開発し、従来センサの課題であったシワや濡れた指紋に対する検証実験を行った。4章では、生体組織光学に基づきサブミリ構造をモデル化し、散乱透過光を解析するモンテカルロシミュレーションを行った。5章では、開発した指紋センサシステムの実用化に向けた光源と撮像系の配置条件の実験的検討と、実験結果の検証のために生体組織光学に基づいた指尖内部構造のモデル化および組織散乱透過光解析のためのモンテカルロシミュレーションを行った。6章ではこれらの研究で得られた結論について述べる。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　倉田　恵美子　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　教授	粟津　邦男
	副 査　教授	佐藤　文信
	副 査　准教授	間　久直

論文審査の結果の要旨

本研究の目的は、生体組織光学に基づいた皮膚と指尖内部組織の散乱透過光解析を行い、指紋表面の影響による画質低下を緩和する指紋センサシステムを開発し、実用化に向けた検討を行うことである。

指紋照合は様々な生体認証の中でも、万人不同・生涯不変が証明された最も重要な技術であるため、古くから様々な場所で使われてきた。しかし、照合性能は指紋センサの画質に大きく左右され、指紋の凹凸を読み出す従来の指紋センサでは指紋表面のシワや濡れによって指紋パターンが途切れ、しばしば照合に支障をきたしていた。本研究ではこの課題を解決するため、指紋部分の表皮内部構造に着目し、OCT を用いて非侵襲で様々な指紋の断層画像を取得・精査を行ったところ、角層の内部に、指紋の凹凸に対応した光散乱強度分布を持つ微細な構造を発見し、これをサブミリ構造と名付けた。サブミリ構造は、従来方式の照合低下の要因である指紋の表面状態によらずに存在することを確認した。つまり、皮膚の内部にもう 1 つの”指紋”が存在することを発見した。このサブミリ構造を読み出すために、指尖の背面に光を照射する赤色光源と、指尖組織内部を透過した散乱光を検出する撮像素子で構成された新しい指紋センサシステムを開発し、原理検証のために生体組織光学に基づきサブミリ構造の散乱透過光を解析するシミュレーションを行った。サブミリ構造は従来の生体組織光学で用いられた皮膚の層構造モデルでは再現できないため、新たに光散乱強度分布の異なる小構造が交互に並んだモデルを構築した。シミュレーションの結果、開発した指紋センサ画像と同様の明暗パターンが得られ、このセンサが光透過率分布を持つサブミリ構造を読み出していることを証明した。さらに、開発した指紋センサシステムの実用化に向けて、光源と撮像系の配置条件の検討を行った。照合性能の安定にはシェーディングが小さく明るい画像の取得が必要であり、実験的検証の結果、後爪郭（nail fold）近傍に光を照射するように光源を配置すれば良いことが分かった。一方、爪甲中央近傍に光を照射すると画像に飽和が発生するため、生体組織光学に基づいて組織散乱透過光の解析による指尖内部構造の推定を行い、透過光画像の輝度分布に寄与する内部構造は硬組織と軟組織であることを証明した。

1 章では、指紋照合の歴史と課題および本論文の目的と構成について述べている。2 章では、OCT 画像の精査によるサブミリ構造の解明と、シワや濡れなどの指紋表面状態がサブミリ構造に及ぼす影響の検証が行われている。3 章では、サブミリ構造を読み出す新しい方式の指紋センサの開発、および従来センサの課題であったシワや濡れた指紋に対する検証実験について述べられている。4 章では、生体組織光学に基づきサブミリ構造をモデル化して行われた、散乱透過光を解析するモンテカルロシミュレーションについて述べられている。5 章では、開発した指紋センサシステムの実用化に向けた光源と撮像系の配置条件の実験的検討と、実験結果の検証のために生体組織光学に基づいた指尖内部構造のモデル化および組織散乱透過光解析のためのモンテカルロシミュレーションの結果について述べられている。6 章ではこれらの研究で得られた結論について述べられている。

以上のように、本論文では生体組織光学に基づいた皮膚と指尖内部組織の散乱透過光解析を通じて、指紋表面の影響による画質低下を緩和する指紋センサシステムの実用化に向けた検討が行われており、博士論文として価値あるものと認める。