

光相関デバイスを活用した 超高速データ検索システムの研究開発 152103017

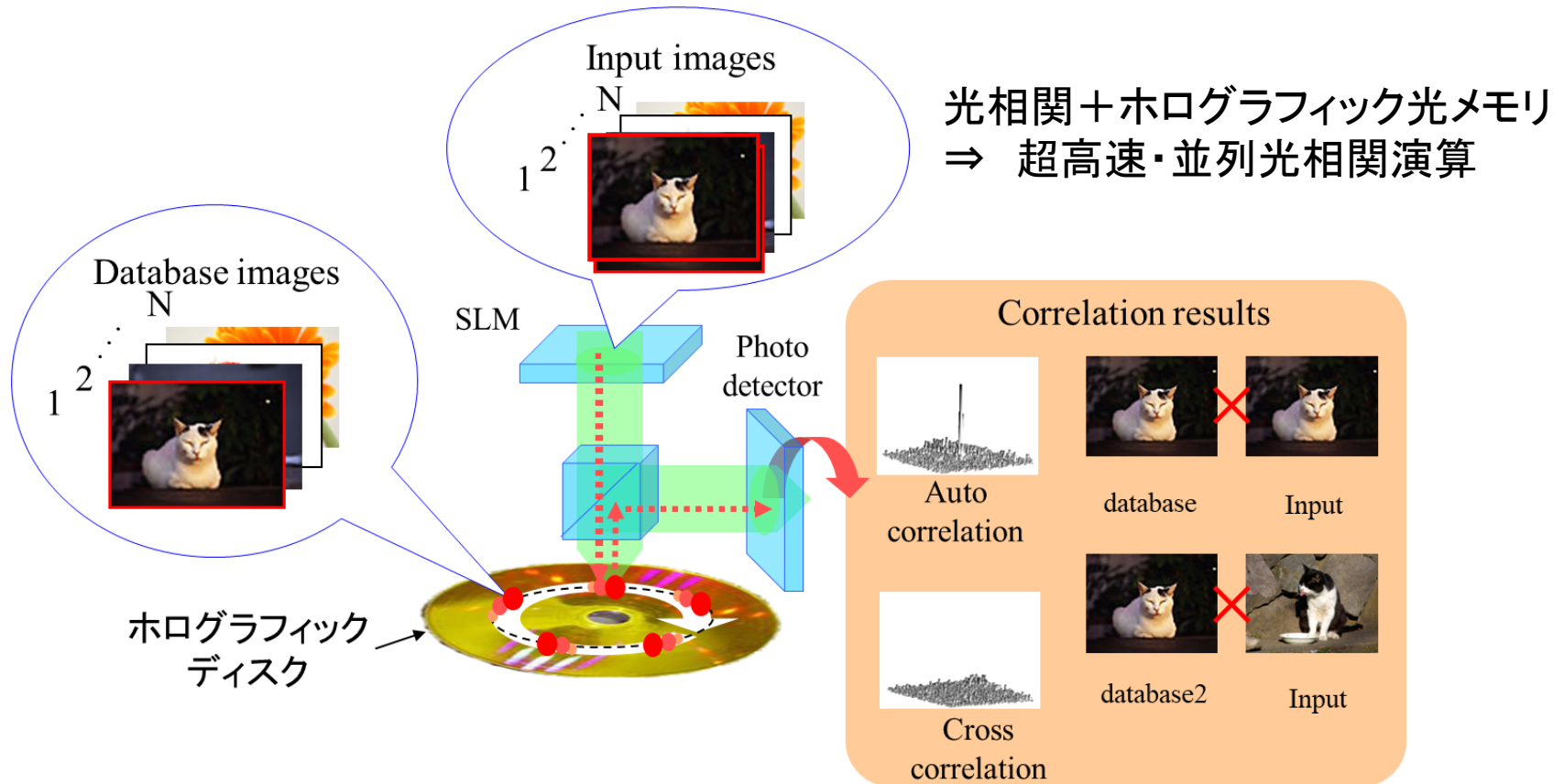
研究代表者：渡邊 恵理子（電気通信大学）

研究分担者：菅谷 壽鴻（電気通信大学）

研究背景と課題

背景：現状デジタルコンピュータは超大容量データとの相関計算は2次記憶メモリからの転送速度がボトルネック
 ⇒相関演算が、電子デバイスと比べ2桁以上の高速化が可能な光相関デバイスを研究開発中

課題：特定の条件を満たした画像のみが入力可能で汎用性が乏しい



あらかじめデータを記録してあるホログラムディスクを回転させ、
 光スキャンすることで高速データ照合が可能

目的

光相関デバイスを活用した超高速データ検索システムの実現に向けて、画像データにとどまらず、多様なデータ入力を可能にする前処理・検索アルゴリズムを提案・構築する。さらに国際標準化に向けた活動を行う。

主な成果

- ① 多様なデータ入力を可能にするアルゴリズム構築
- ② 超高速相関機能の実証と精度向上
- ③ 光データ検索デモシステムの基盤構築
- ④ 国際標準化に向けた活動

本研究の成果

学術論文3件、査読付き国際会議7件、国内・国際会議18件、特許出願2件、国際標準提案1件、国際標準化会議参加6件、受賞6件。

① 多様なデータ入力を可能にするアルゴリズムの構築

光相関デバイスにおいて取り扱えるデータの拡張を目指し、自己符号化器を用いた光相関演算用データ変換法を提案

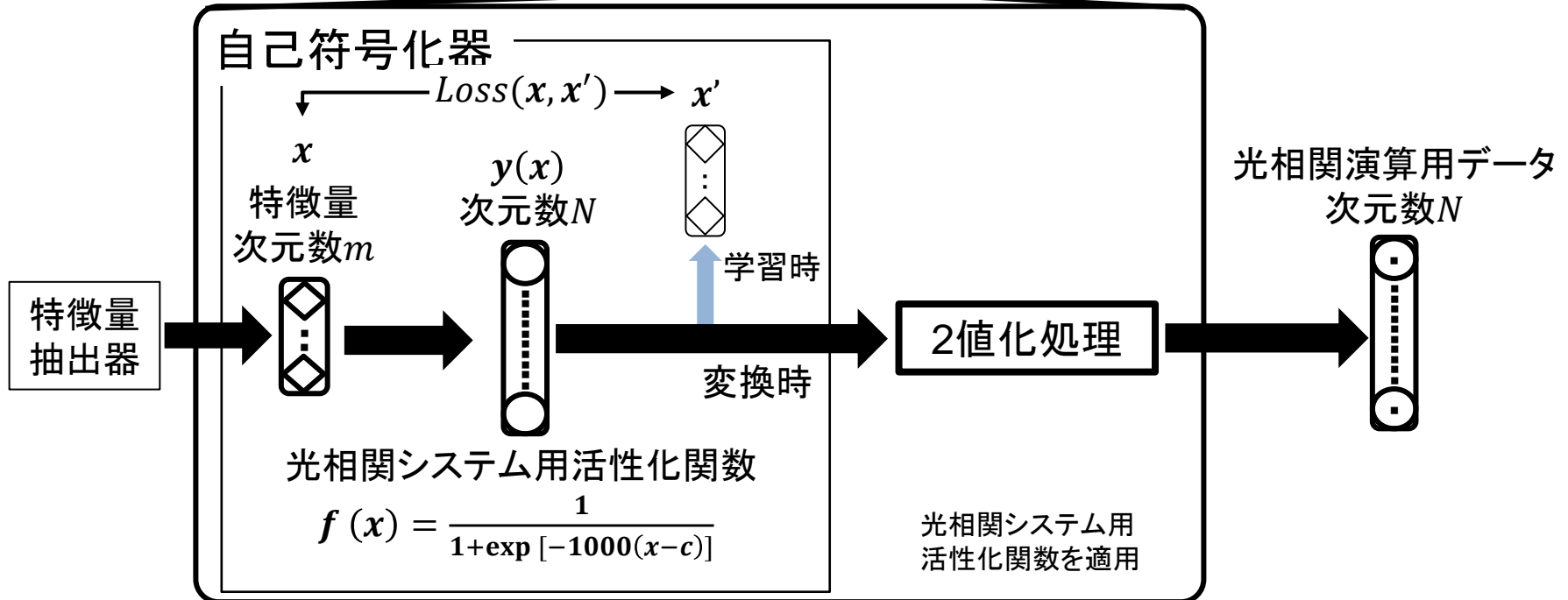
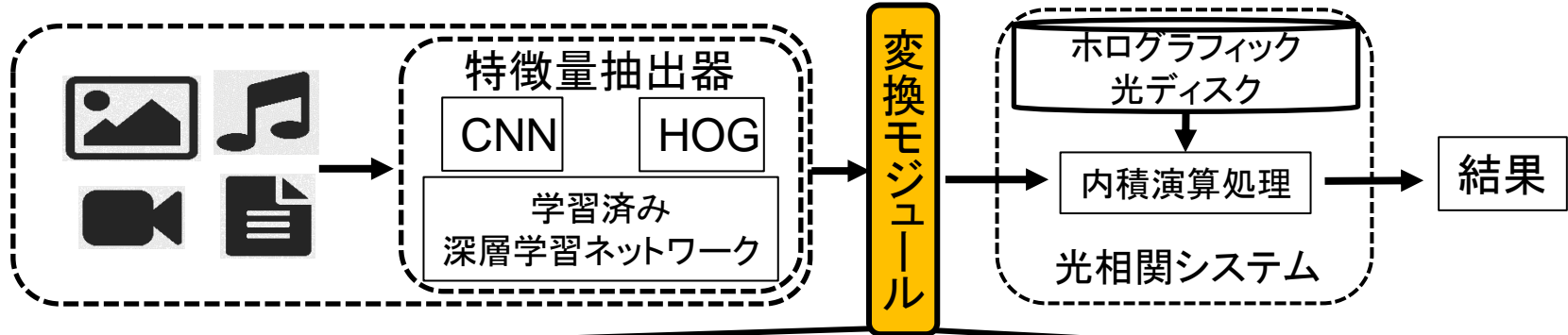


光相関演算用データ変換モジュール

自己符号化器における中間層を利用し光相関演算用データを生成

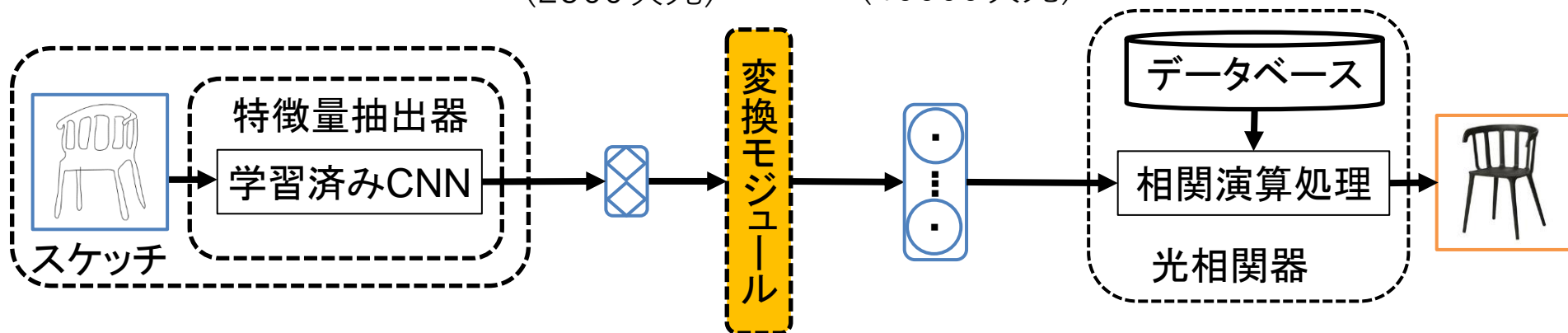
⇒ 様々なデータを光相関演算が可能

⇒ 最適化された特徴抽出器（深層学習の学習済みネットワークなど）が利用可能



CNN特徴量
(2560次元)

光相関演算用データ
(40000次元)



- スケッチより商品検索が可能なConvolutional Neural Network(CNN)* を特徴量抽出器として利用
- 商品画像とスケッチ間の内積演算を光相関器で実行
- 相関値は形状の類似度を示し、高いほど形状が類似していることを示す
- 評価のために椅子のスケッチと商品画像を各々97枚用意

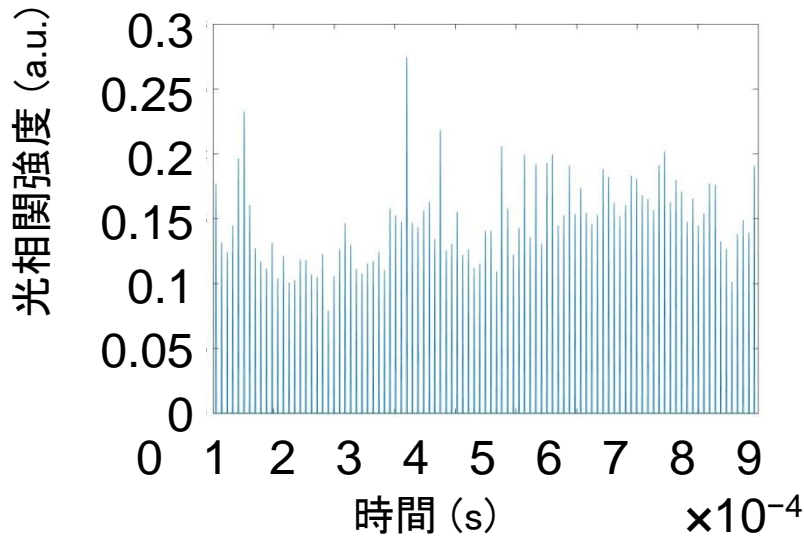
* Q. Yu, et al. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016.

実験結果例

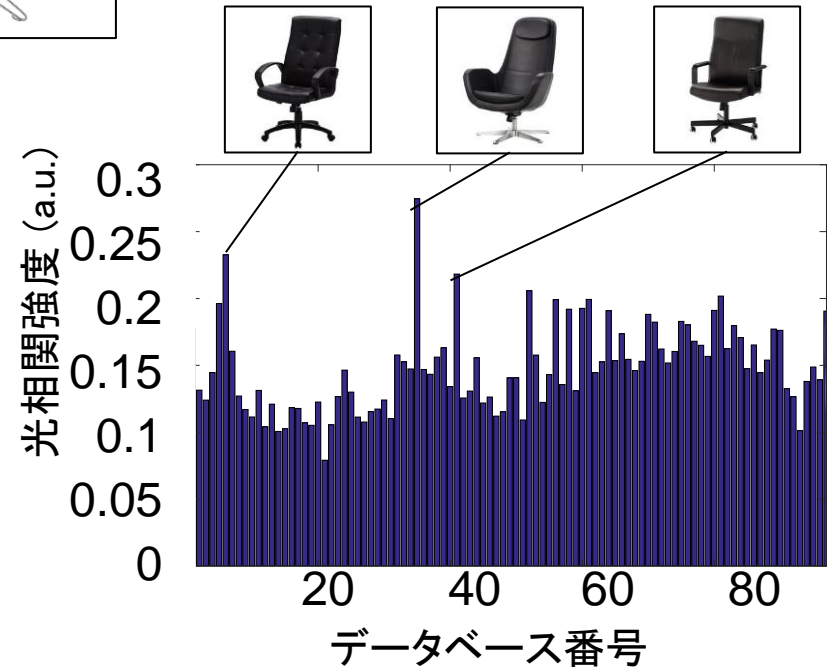
入力スケッチ(検索クエリ)



光相関器の出力



ピーク
検出



- 入力スケッチと類似した商品画像を検出
- 光相関器を用いたクロスドメイン検索を実験的に実証

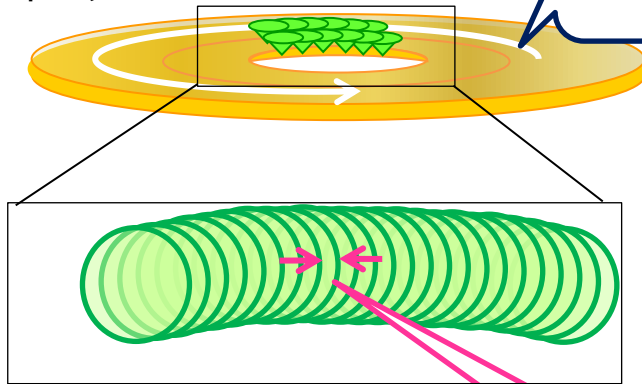
K. Ikeda et al. Opt. Lett. 42, 2603-2606 (2017)

②超高速相関機能の実証と精度向上

データ転送・照合速度

$$V = \underbrace{P_x \cdot P_y}_{\text{画像サイズ}} \cdot \frac{\underbrace{R}_{\text{ディスク回転速度}}}{60} \cdot \frac{2\pi r}{\underbrace{d}_{\text{シフト多重記録間隔}}}$$

ホログラフィック光
ディスク

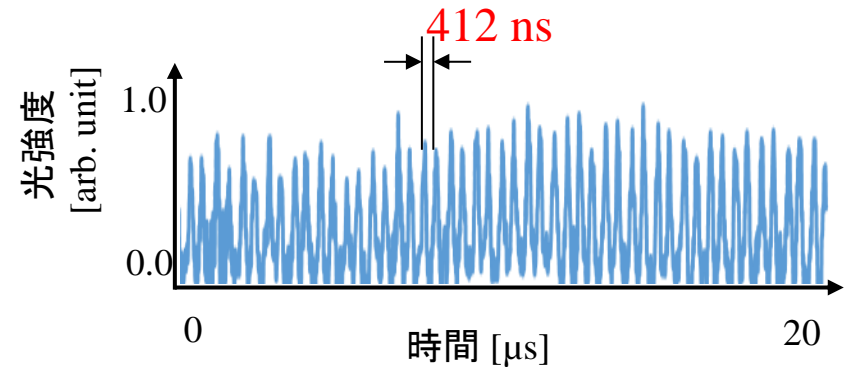


ディスク
回転速度
900 rpm

記録されたホログラム

2.01 μm
シフト
多重記録間隔

K. Ikeda et al., Jpn. Appl. Phys. **55**, 09SC01 (2016).

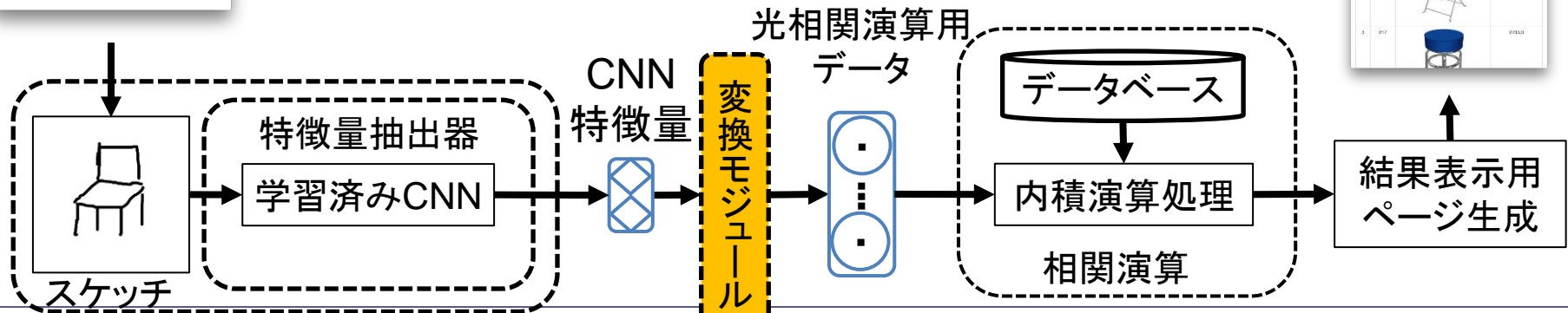
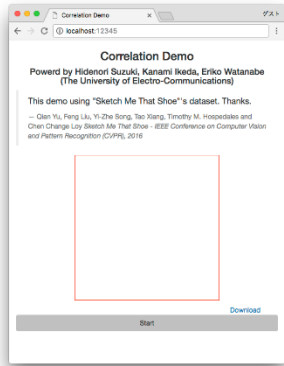
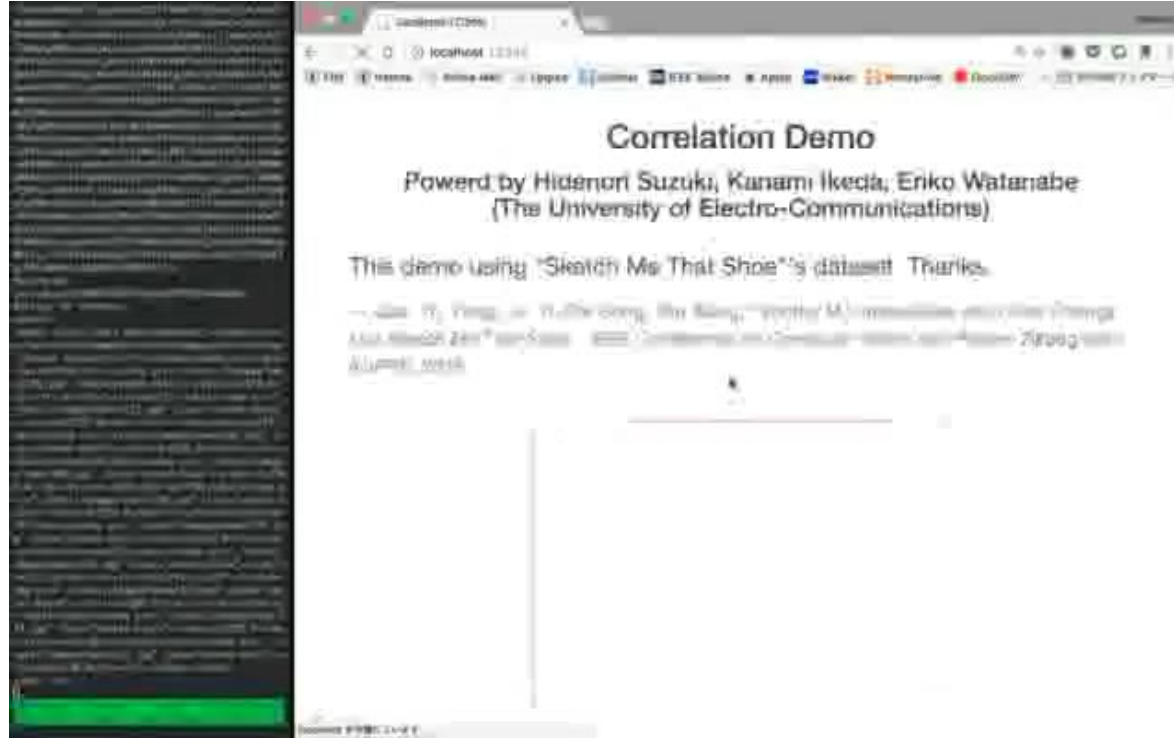


(1) ピーク間隔412nsを達成,
 1.8×10^6 fps, 143Gbps
の超高速光相関演算を実証

(2) ディスク構造を新設計し安定的なホログラム記録・相関演算に成功

③光データ検索デモシステム基盤構築

手書きスケッチ画像を検索クエリとし、光データベース画像と類似画像検索を行うウェブインターフェイスにて実行できるクロスドメイン検索システムを構築



④国際標準化に向けた活動

Ecma TC31会議で、光相関用Device Interfaceのプロジェクトの提案が承認され、2018年3月のTC31会議で、規格文書の目次提案が承認された。今後、Ecma総会で規格承認へ向けて進む予定である。

* Ecma International : ISO、IEC、ITUに準じた国際標準化機関

今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

光相関器では、相関演算に用途が限定されるものの、従来の技術に比べ圧倒的に高速な転送速度を持つため、大規模データとの相関演算を高速かつ低消費電力での実現が期待できる。

本研究成果は、大規模なデータベースとのパターンマッチングを必要とする様々なシステムへの展開が期待できる。すでに構築しつつあるインターネット上の著作権管理システムへの応用や、その他大規模画像・映像識別、ゲノム解析などへの展開、ゴーストイメージングにおけるパターン照明への適用が期待できる。大容量データにおけるあらゆる内積演算処理に適用に向けて、現在も研究開発を実施している。