京都大学 学術情報メディアセンター
早稲田大学 未来イノベーション研究所
産業技術総合研究所人工知能研究センター
美馬 秀樹

デジタル化の課題とデジタル化資料の活用について
―情報学の観点から―

内容

Ⅰ：岩波書店「思想」のデジタル化プロジェクト

Ⅱ：デジタル化の課題

Ⅲ：デジタル化資料の活用

岩波「思想」90年の構造化

- 構想
  - 日本を代表する思想・哲学ジャーナル『思想』（1921年創刊）の90年分、約16万ページ、論文本数約8600本について、デジタル化とその「知の構造化」を行う
- 目的
  - 『思想』という知の集積と20世紀日本の哲学・思想史を明らかにする
  - 文献のデジタル化に関する方法論を確立する
    - OCR、文書構造認識、検索、知の構造化
  - 分析結果の教育での活用

岩波「思想」の構造化と問題点

- 対象
  - 1921年創刊　岩波「思想」90年分
    - 1000号、約8600論文、16万ページ
    - 86年まで活版印刷＝14万ページ分はデジタルデータなし
- デジタル化の課題
  - 大量
  - 原本が古く、取り扱いに注意が必要
  - 1921～50年頃は旧字体が使われている

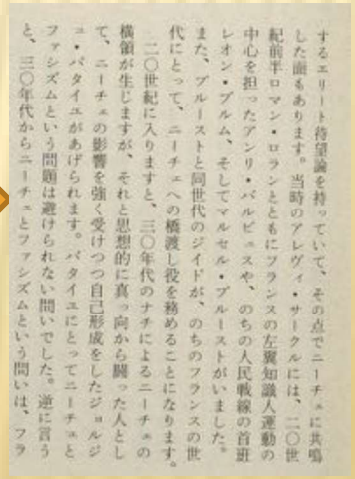
テキストデータの取得

- 印刷された文字をコンピュータで処理可能なデジタルテキストに変換
  - 画像化: スキャン
  - テキスト化: OCR(Optical Character Recognition)

書籍・出版物

画像化

画像データ



テキスト化

テキストデータ

するエリート待望論を持っていて、その点でニーチェに共鳴した面もあります。当時のアレヴィ・サークルには、二〇世紀前半ロマン・ロランとともにフランスの左翼知識人運動の中心を担ったアンリ・バルビュスや、のちの人民戦線の首班レオン・ブルム、そしてマルセル・プルーストがいました。

デジタル化手法の検討

（4段階：◎，○，△，×）

	精度	コスト	時間	検討事項
人手入力	◎	×	△	・持出禁止あるいは取り扱いの難しい書籍では，コピーを取る必要がある
ブックスキャナ＋OCR	○	○	◎	・誤認識をどう修正するか ・旧字体の認識精度
音声認識	△	△	×	・誤認識をどう修正するか ・旧字体の読み上げ

・コストと時間、精度のバランス
・技術発展によりさらに精度向上、効率化が期待できる
→ **ブックスキャナ + OCR(Optical Character Reader)** を選択

デジタル画像化

- 対象物のスキャンによりデジタルデータ化
  - スキャナの種類(スキャン形態による分類)
    - フラットベッドスキャナ
      - 本をガラスの台に固定し、
        下から光を当てて読み取る
    - シートフィードスキャナ
      - 自動原稿送り装置で
        原稿を送り、読み取る
    - カメラスキャナ(スタンドスキャ
      - 原稿を専用の台に置き、カメラで撮影する
      - 本の非破壊スキャンが可能

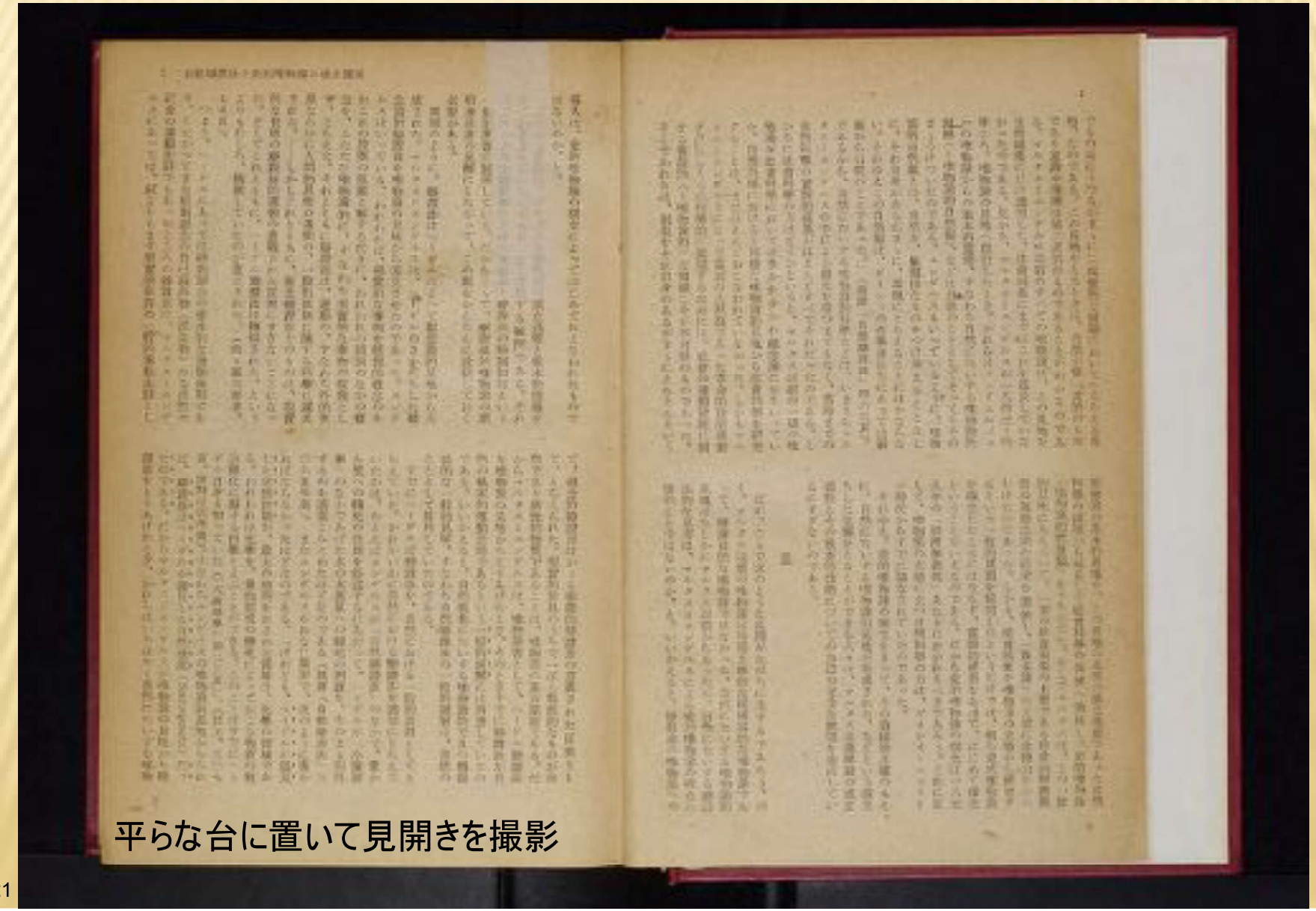
カメラスキャナ

キルタス社製BookScanner（APT BookScan 2400RA）

自動的に本をめくり
上にある2台のカメラで撮影

本を痛めることなく
自動でスキャンが可能

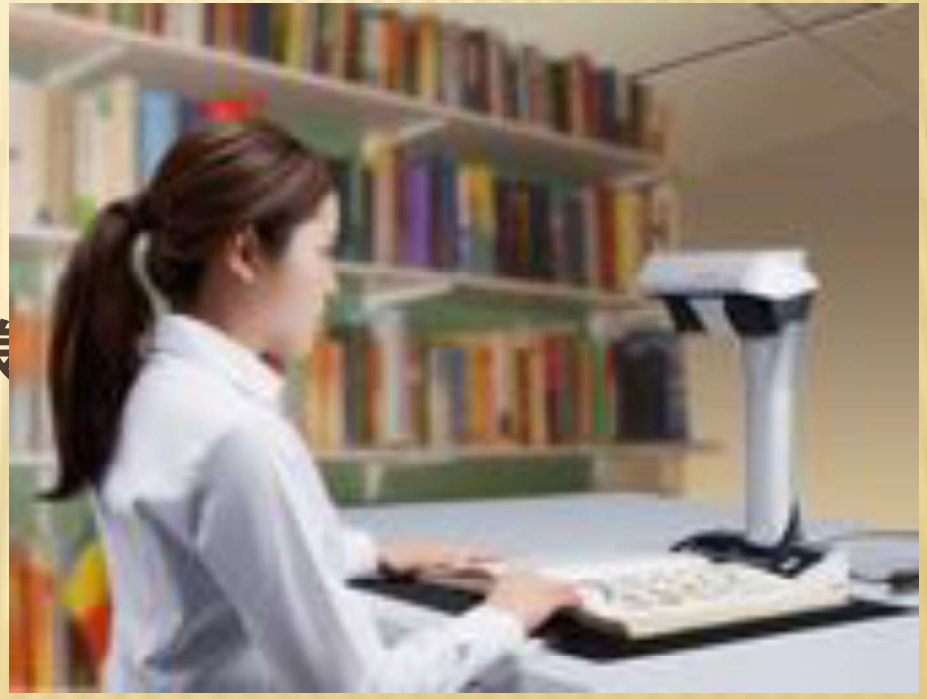
カメラスキャナによるスキャン例



平らな台に置いて見開きを撮影

カメラスキャナ？

- Scansnap SV600
  - 実はカメラではなくラインセンサーでスキャン
  - ラインセンサーと
    ライトが首を振る
  - 機能としてはカメラ
    カメラスキャナと同様



BOOK TURNER

CASIO

大切な本やノートを電子書籍化

電子書籍化支援システム

BOOK TURNER

ブックターナー

［裁断不要］［ページめくりをアシスト］

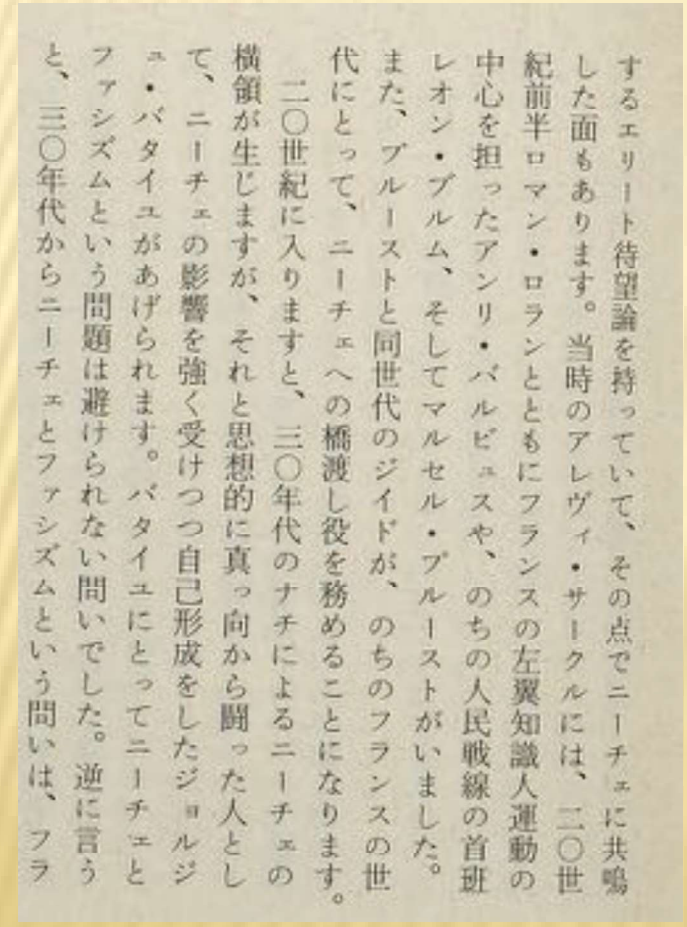
BT-100

購入前のご注意

- 本製品は、完全自動で書籍を電子化するブックスキャナーではありません。使用者の補助が必要ですので、最初にトレーニングしてから、大切な本などを撮影することを推奨します。
- 本やノートの紙質、厚さ、製本状態によっては、本製品のページめくり動作がうまくできない場合があります。その場合は、半自動モードもしくは手動モードで撮影してください。
- 本製品を使用する場合は、著作権法を遵守してください。
- 本製品を使用するには、タブレットまたはスマートフォンと専用アプリが必要です。
- 本製品には、タブレットやスマートフォンは含まれません。

デジタルテキスト化: OCR(OPTICAL CHARACTER RECOGNITION)

- デジタル画像から文字を認識する



するエリート待望論を持っていて、その点でニーチェに共鳴した面もあります。当時のアレヴィ・サークルには、二〇世紀前半ロマン・ロランとともにフランスの左翼知識人運動の中心を担ったアンリ・バルビュスや、のちの人民戦線の首班レオン・ブルム、そしてマルセル・プルーストがいました。また、ブルーストと同世代のジイドが、のちのフランスの世代にとって、ニーチェへの橋渡し役を務めることになります。二〇世紀に入りますと、三〇年代のナチによるニーチェの横領が生じますが、それと思想的に真っ向から闘った人として、ニーチェの影響を強く受けつつ自己形成をしたジョルジュ・バタイユがあげられます。バタイユにとってニーチェとファシズムという問題は避けられない問いでした。逆に言うと、三〇年代からニーチェとファシズムという問いは、フラ

するエリート待望論を持っていて、その点でニーチェに共鳴した面もあります。当時のアレヴィ・サークルには、二〇世紀前半ロマン・ロランとともにフランスの左翼知識人運動の中心を担ったアンリ・バルビュスや、のちの人民戦線の首班レオン・ブルム、そしてマルセル・プルーストがいました。また、ブルーストと同世代のジイドが、のちのフランスの世代にとって、ニーチェへの橋渡し役を務めることになります。二〇世紀に入りますと、三〇年代のナチによるニーチェの横領が生じますが、それと思想的に真っ向から闘った人として、ニーチェの影響を強く受けつつ自己形成をしたジョルジュ・バタイユがあげられます。バタイユにとってニーチェとファシズムという問題は避けられない問いでした。逆に言うと、三〇年代からニーチェとファシズムという問いは、フラ

OCRシステム

- 市販ソフト
  - メディアドライブ WinReaderPRO、 e.Typist
  - ABBYY FineReader
  - パナソニック 読取革命
  - ・・・
- サービス
  - Google Cloud Vision API
  - Evernote API
  - ・・・

OCR精度の向上による言語処理結果の向上

- OCR精度

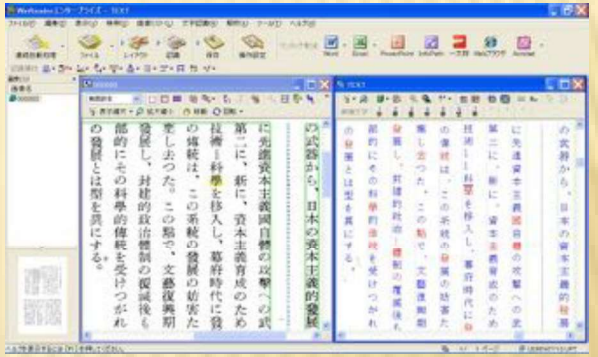
  95%　から　99.85%へ

OCR精度95%での用語抽出結果

	1930年	1931年	1932年	1933年	1934年	1935年	1936年	1937年	1938年	1939年
1	自然 科学	日本	日本	**道 穂**	日本	自己 自身	西田 哲学	**道 穂**	アメリカ	自己 同一
2	資本 主義	カント	ギルヘルム	フランス	宗 敦	自己 限定	日本	自己 自身	英国	日本
3	日本	アメリカ	**ブルジ**	自然 科学	フランス	**道 穂**	自己 自身	日本	日本	**道 穂**
4	フランス	自己 自身	カント	カント	資本 主義	日本	自己 限定	アントニ	自己 同一	プラトン
5	**道 穂**	**ブルジ**	**宗 敦**	日本	**ブルジ**	**根 附**	寺田 先生	**圭 体**	フランス	**宗 歓**
6	ブルジ	自己 限定	自然 科学	**ブルジ**	昭和 八	自然 科学	フランス	職業 生活	イギリス	ピュタゴラス
7	**回顧**	**宗 敦**	ファウスト	アジア	**道 穂**	フランス	自己 矛盾	フランス	ヨーロッパ	自己 自身
8	エンゲルス	フランス	資本 主義	スペンサー	昭和 九	独逸	ノエシス	表現 活動	自己 自身	支那
9	唯物 弁証法	エンゲルス	自己 自身	ドイツ	ドイツ	**宗 敦**	**道 穂**	ベルグソン	**自 由圭 義**	絶対 矛盾
10	**宗 敦**	メーリング	絶対 精神	ゲシヒテ	自然 科学	**口 子**	カント	自己 否定	自由 主義	吉利

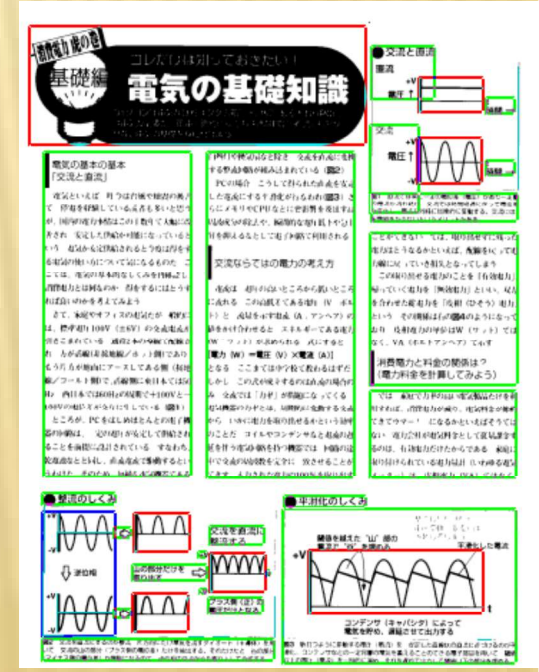
道徳、宗教、ブルジョア等の認識間違いが多数みられる

OCRによる電子化と課題



- 文字認識精度が低い
  - 旧字体の認識精度の問題
  - 強調部分、ルビ、外来語部分の認識
  - レイアウト解析に失敗し文字化けする

→近代文語論文の特徴抽出を行い精度を上げる

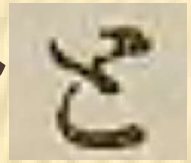


- 人手による作業コストの増大
  - レイアウト解析が不十分
    - タイトル、著者、脚注部分等のメタ情報を識別しなければならない
    - 論文の区切りを識別（ページの途中で別論文が始まる等）
  - 誤認識の人手による訂正と学習

→自動化・システム化を行い、作業コストを軽減する

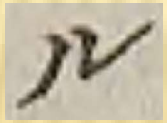
精度低下の原因

- 異体字・旧字体
  例: 教⇔教　学⇔學
- フォントの違い
  「と」:一画目が斜め、 二画目の入りが大きい



→「ご」や「ざ」と誤る

「感」:「心」の部分が小さい
→「戚」や「咸」と誤る



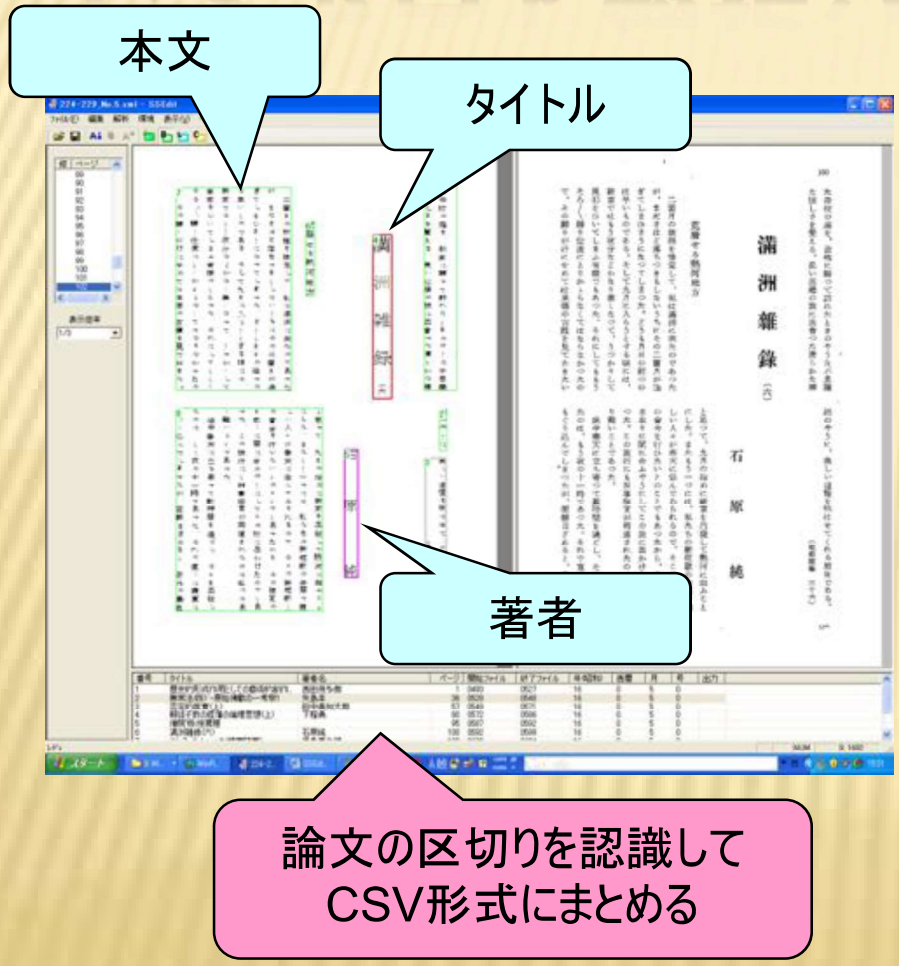
「ル」:右側が上がっている
→「〆」と誤る

精度99.85%での用語抽出結果

	1930年	1931年	1932年	1933年	1934年	1935年	1936年	1937年	1938年	1939年
1	自然 科学	ヘーゲル	ヘーゲル	自然 科学	ヘーゲル	自己 自身	ヒューマニズム	アン トニ	アメリカ	自己 同一
2	マルクス 主義	マルクス 主義	ゲーテ	唯物 論	マルクス	自己 限定	西田 哲学	ヘーゲル	ヘーゲル	ピュタゴラス
3	唯物 論	弁証 法	マルクス 主義	マルクス	フランス	ヘーゲル	ヘーゲル	自己 自身	自己 同一	プラトン
4	ヘーゲル	カント	ギルヘルム	カント	キリスト	アリストテレス	自己 自身	職業 生活	**自由 主義**	自己 自身
5	エンゲルス	自己 自身	形而 上学	スペンサー	アリストテレス	自然 科学	自己 限定	表現 活動	イギリス	ディオニューソス
6	プロレタリアート	プロレタリアート	弁証 法	存在 論	日本 精神	ロゴス	弁証 法	ベルグソン	自己 自身	キリスト
7	資本 主義	ジャーナリズム	エンゲルス	アリストテレス	自然 科学	プラトン	ノエシス	自己 否定	フランス	モラル
8	トーキー	形而 上学	ファウスト	イデオロギー	エンゲルス	エネルギー	プラトン	プラトン	ヨーロッパ	ロゴス
9	コント	マルクス	ディルタイ	ディルタイ	自己 自身	ノエシス	アリストテレス	弁証 法	ロゴス	エートス
10	観念 論	イデオロギー	カント	形而 上学	カント	ベルグソン	ソクラテス	デカルト	アン トニ	ソクラテス

上位には間違いがほとんど見られない

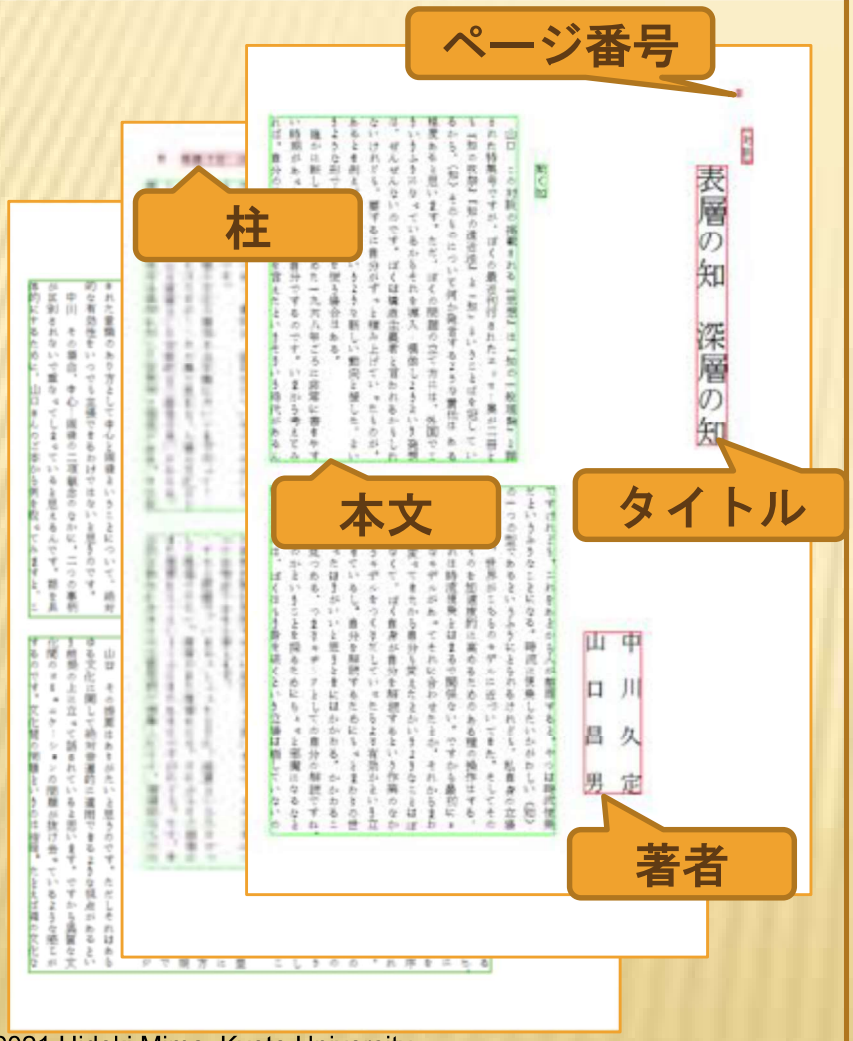
これまでの取り組み
レイアウト解析ソフトウェアの開発



- タイトル・著者名の抽出
- ルビ・強調文字と単語(文字)の対応付け
- ページ番号、注の検出
- 発行年・月・号の取得
- 新旧字体変換の作成
- CSVファイルへの出力
- 誤認識文字の置換(候補から選択、手動入力)
- レイアウトの修正(ブロック、行の切り出し、順番の変更)

機械学習を用いたレイアウト属性付け

レイアウト属性の正解データ



機械学習

特徴量による分類器

特徴量

視覚的特徴量
- 文字サイズ
- ブロックサイズ
- ブロック位置
- 余白長さ

言語的特徴
- 「名詞」割合
- 「人名」割合

精度(F値)	ルール	機械学習
タイトル	0.913	0.960
著者	0.966	0.985
柱	0.974	0.979
ページ番号	0.994	0.995
本文	0.985	0.992

人手で作成したルールに比べ高精度

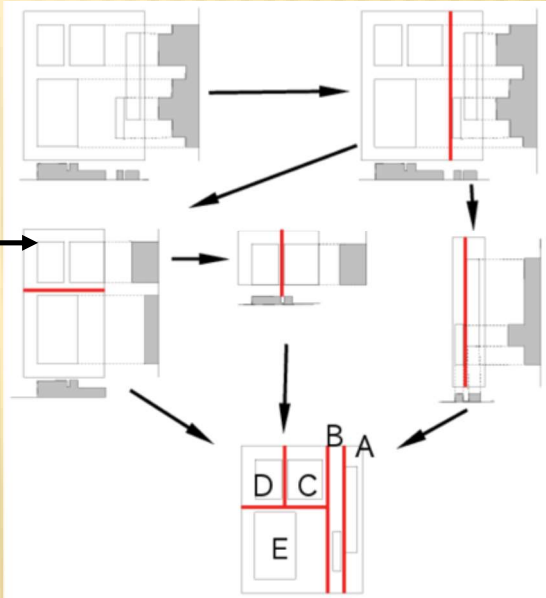
ブロック読み順の推定

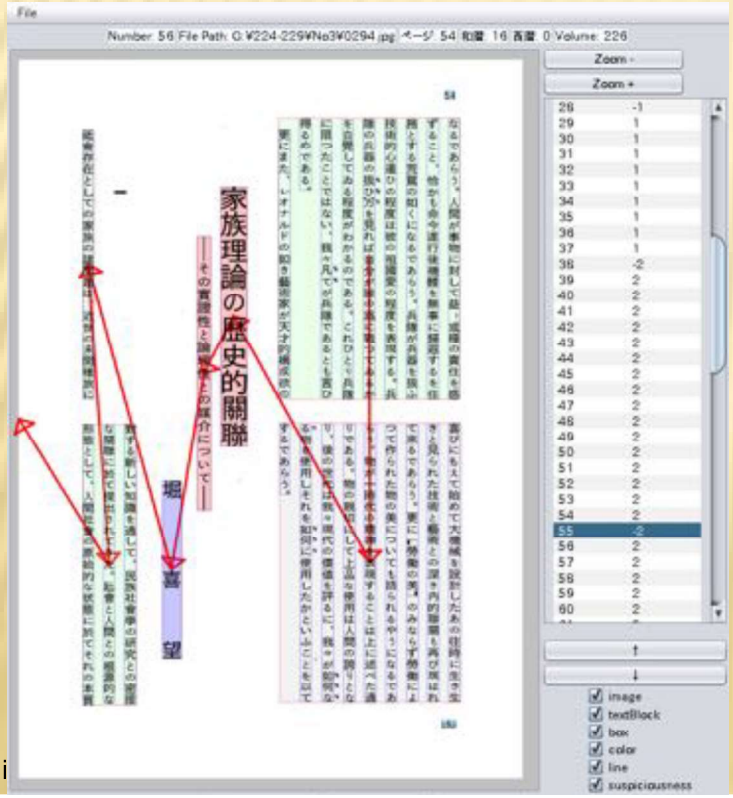
OCR結果のブロック間の順番を自動で推定

　　自動読み上げ

　　テキスト検索の精度向上

機械学習による推定





認識誤差: 0.04

←人手による修正インタフェース

最終的な人手チェックの労力を削減

半分程度の時間で修正可能

言語モデルを用いた OCR文字誤り訂正

OCR出力

誤り検出

- 言語モデル(文字Trigram)を用いてOCRの文字誤りを自動的に検出

訂正文字候補生成

- 誤りとされた文字に対し訂正候補文字を文字Trigramを用いて 生成
- OCRシステムが出力する候補文字と合わせて訂正文字候補とする

訂正文字候補選択

- 生成された文字候補中から言語モデル(単語Trigram)および文字類似度を用いて最も確率の高い文字候補を選択する

訂正後文字列

OCR実験:「思想」年代別文字認識精度

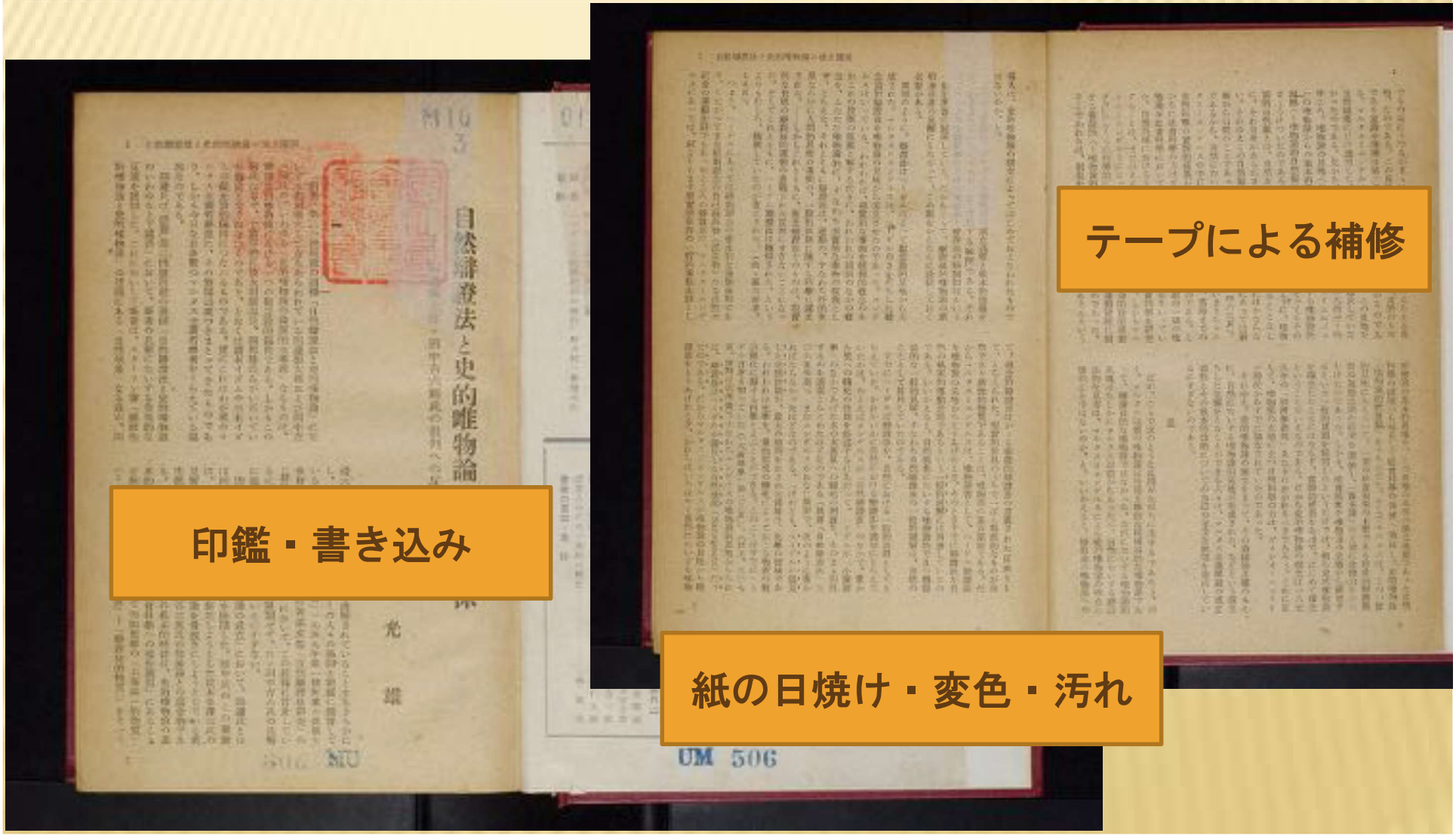
各年代1論文を人手でチェック

年	データ番号	文字数	誤認識数	認識精度	
2000	0010-1	15998	31	99.81%	
1990	0010-1	41638	215	99.48%	
1980	0010-1	32229	83	99.74%	
1970	0010-1	29476	846	97.13%	参考文献に横倒し文字多数
1960	0010-1	3090	61	98.02%	横倒し文字
1950	0010-1	6066	170	97.19%	原本の状態が悪い
1940	0010-1	8316	52	99.37%	
1930	0010-1	4294	348	91.90%	横倒し文字
1921	0010-1	9218	1078	88.31%	横倒し文字、原本の状態、フォントの違い

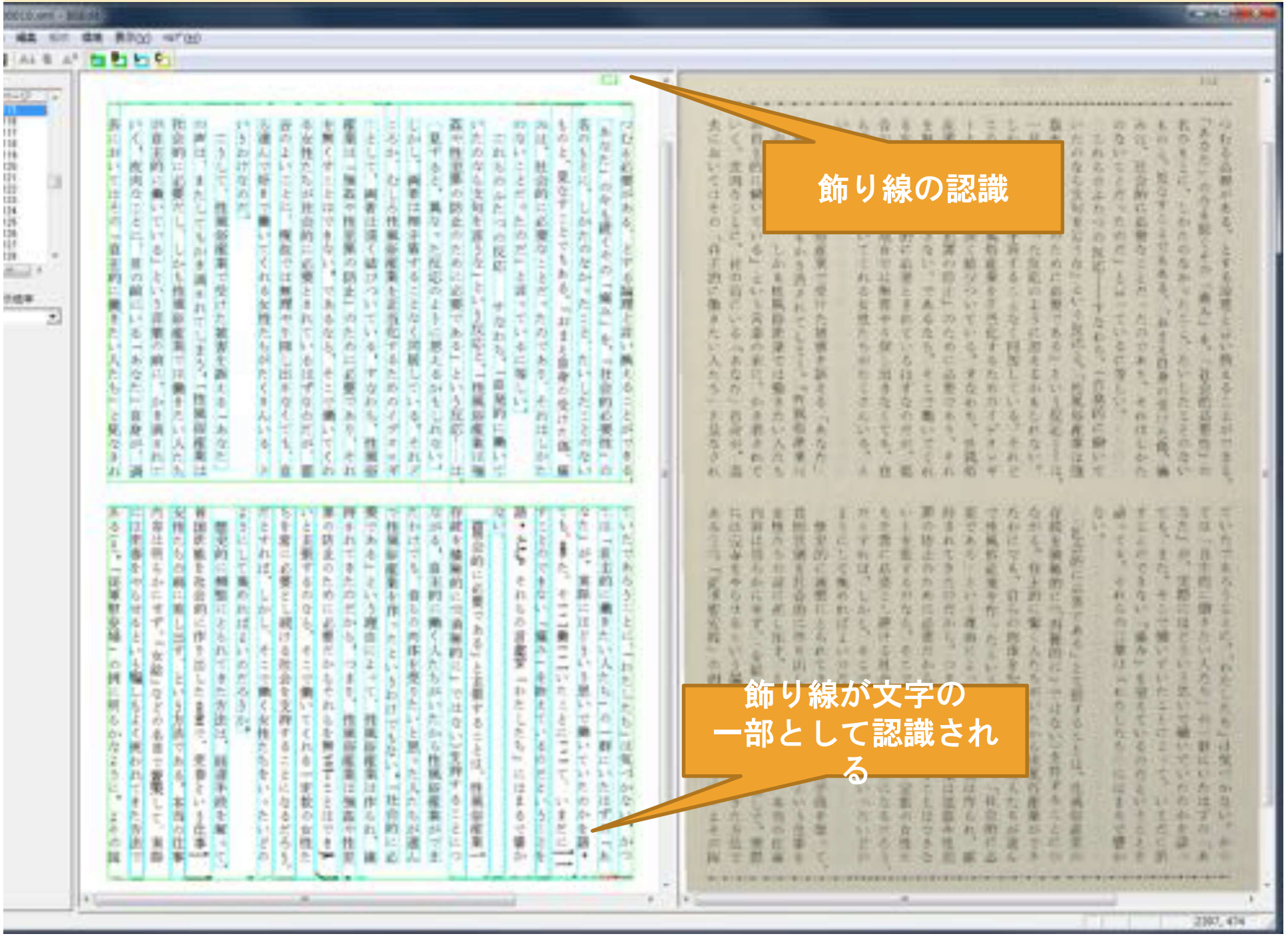
古い年代ほど原本の状態などにより精度が低下

その他、OCRの課題

原本の状態による認識の困難さ




広告の一行が
本文に取り込まれる


飾り線の認識
飾り線が文字の
一部として認識される

「思想」 文字認識誤りの訂正

- 実験評価
  - データ: 1940年1月号最初の論文
    - ページ数 11 (うち1ページは行認識誤りのため不使用)
    - 文字数 7368
    - 誤り文字数 50 (0.67%、新字旧字の違いは誤りとしない)
  - 手法
    - 誤り検出法: WRP出力の確信度 or Ngram
    - 訂正文字候補: WRP出力の候補のみ
      or WRP候補 + Ngram候補

「思想」 文字誤り訂正

- 文字誤り検出結果 (誤り文字数50)

	検出数	正解数	誤検出	Precision	Recall	F値
確信度(閾値80)	212	20	192	0.094	0.400	0.153
確信度(閾値90)	1421	28	1393	0.019	0.560	0.038
Ngram	357	42	315	0.118	0.840	0.206

- OCR確信度と文字誤りの関係

確信度	100	90-99	80-89	70-79	60-69	50-59	1-49	0
総文字数	4780	1138	1209	161	26	11	14	28
誤り文字数	4	9	8	14	1	1	4	9
誤り率(%)	0.08	0.79	0.66	8.70	3.85	9.09	28.57	32.14

確信度0 ≒ 横倒し文字として認識

「思想」 文字誤り訂正

- 文字誤り訂正結果

誤り検出法	文字候補生成法	正解 訂正数	誤訂正数	文書精度	改善率	改善数
確信度 (閾値80)	OCR	15/ 20	11/ 192	99.32→99.38	+0.05	+4
	+Trigram	13/ 20	20/ 192	99.32→99.23	-0.10	-7
Trigram	OCR	23/ 42	20/ 315	99.32→99.36	+0.04	+3
	+Trigram	22/ 42	73/ 315	99.32→98.63	-0.69	-51

デジタル化に向けての課題

- デジタル画像化
  - いかに質のよい大量のデジタル画像データを取得するか
- OCR
  - レイアウト解析
    - 文字の位置やつながり写真等との切り分け
  - 文字認識
    - 古いフォント
    - るび
    - 言語モデル

機械学習（ディープラーニング）の活用

最近の話題：DNNによるレイアウト認識

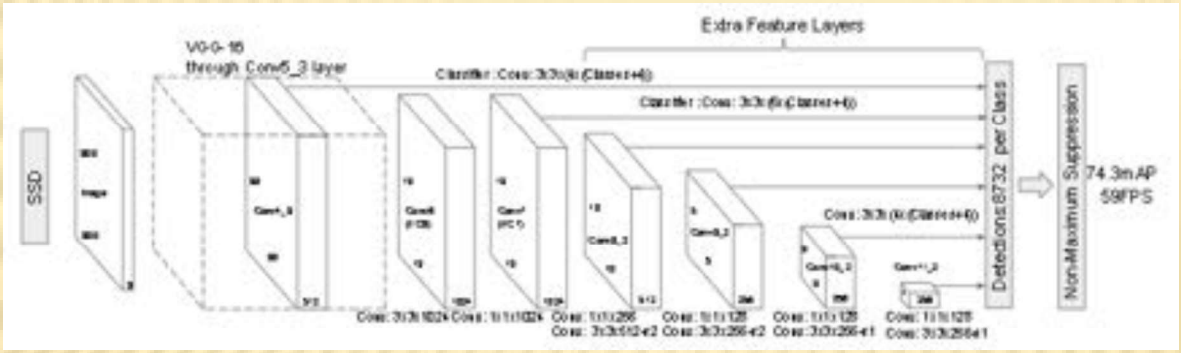
DNNによるレイアウト認識実験

- 人文学オープンデータ共同利用センターN2Iプロジェクト＋東京大学＋国立国会図書館＋NIIの共同研究
  - 「思想」「国民之友」「東洋学芸雑誌」のレイアウト認識正解データ約1000ページ
  - SSD(Single Shot Multi Detector)
    - kerasによる実装(https://github.com/rykov8/ssd_keras)の書き換え

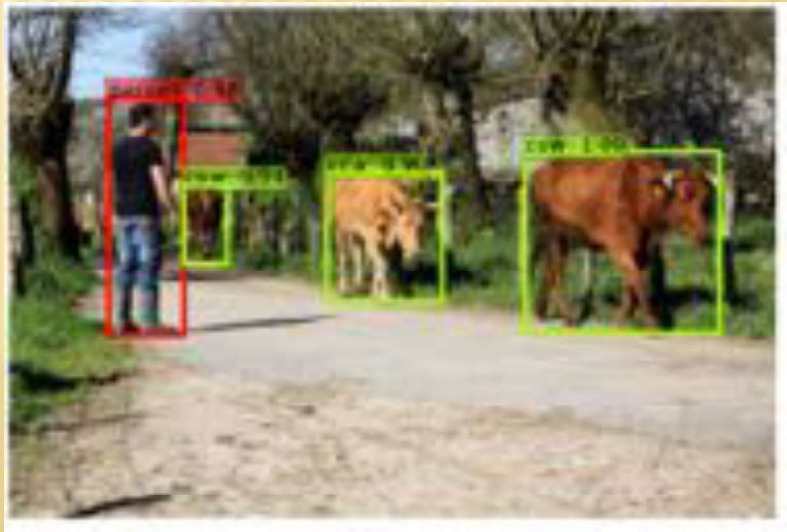
SSD

物体認識問題に対して高い性能を発揮していたVGG-16[1]と呼ばれるネットワーク構造に手を加え、物体検出の問題に応用できるようにした手法

SSDのネットワーク構造



(原著論文(https://arxiv.org/pdf/1512.02325.pdf)から引用)

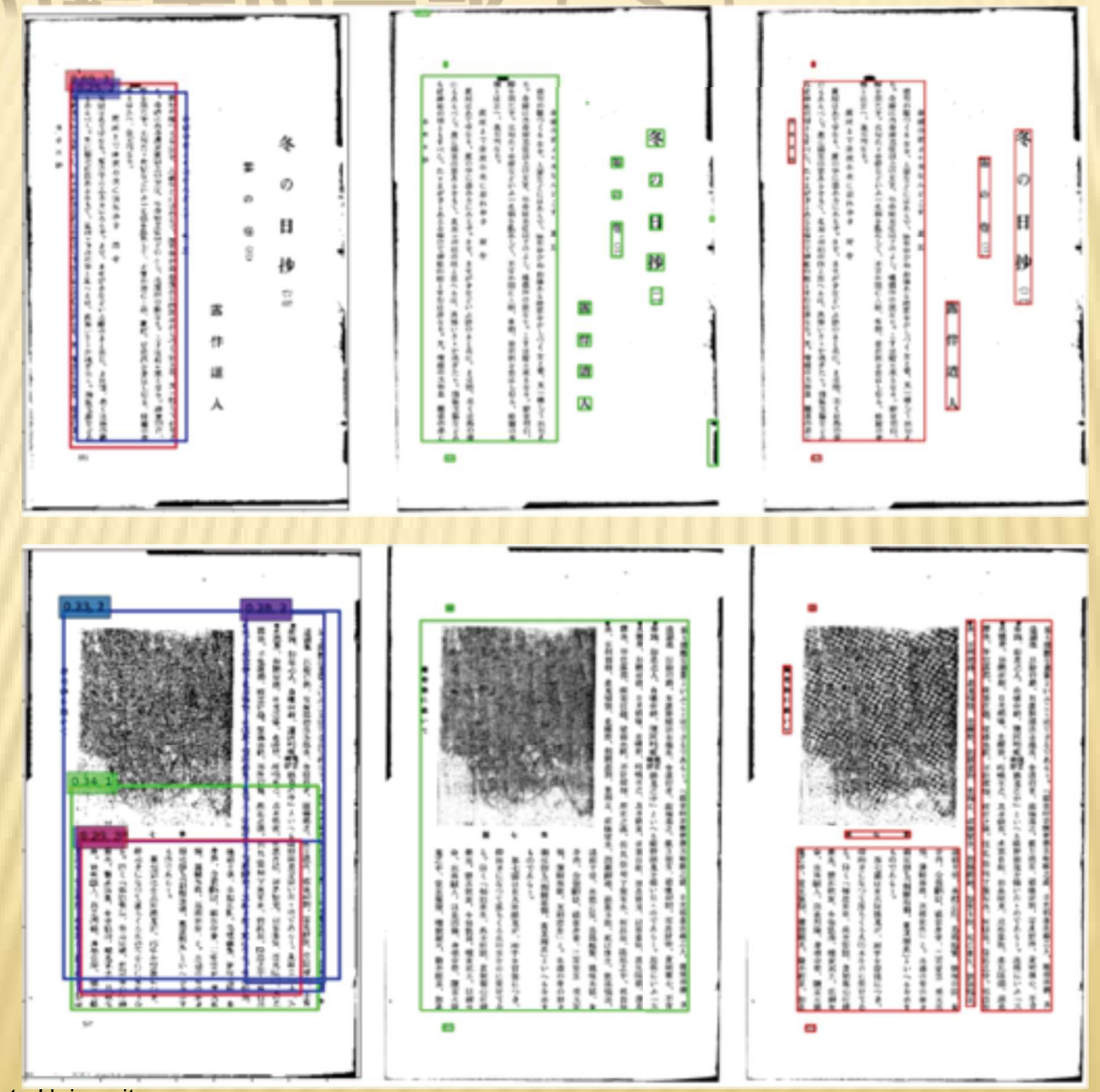


[1] Simonyan, Karen, and Andrew Zisserman. "Very deep convolutional networks for large-scale image recognition." arXiv preprint arXiv:1409.1556 (2014). (https://arxiv.org/pdf/1409.1556.pdf)

現状の結果の一部（１）

SSDによる認識結果　　WinReaderPROによる認識結果　　正解レイアウト

現状の結果の一部（２）



デジタル化資料の活用

混沌とした知識を活用するためには「知の構造化」が必要

「分野、組織、時勢を越えて、知を（再）活用できるようにする」

知（コンテンツ）を捉える

人が読む

MIMAサーチ「思想」構造化

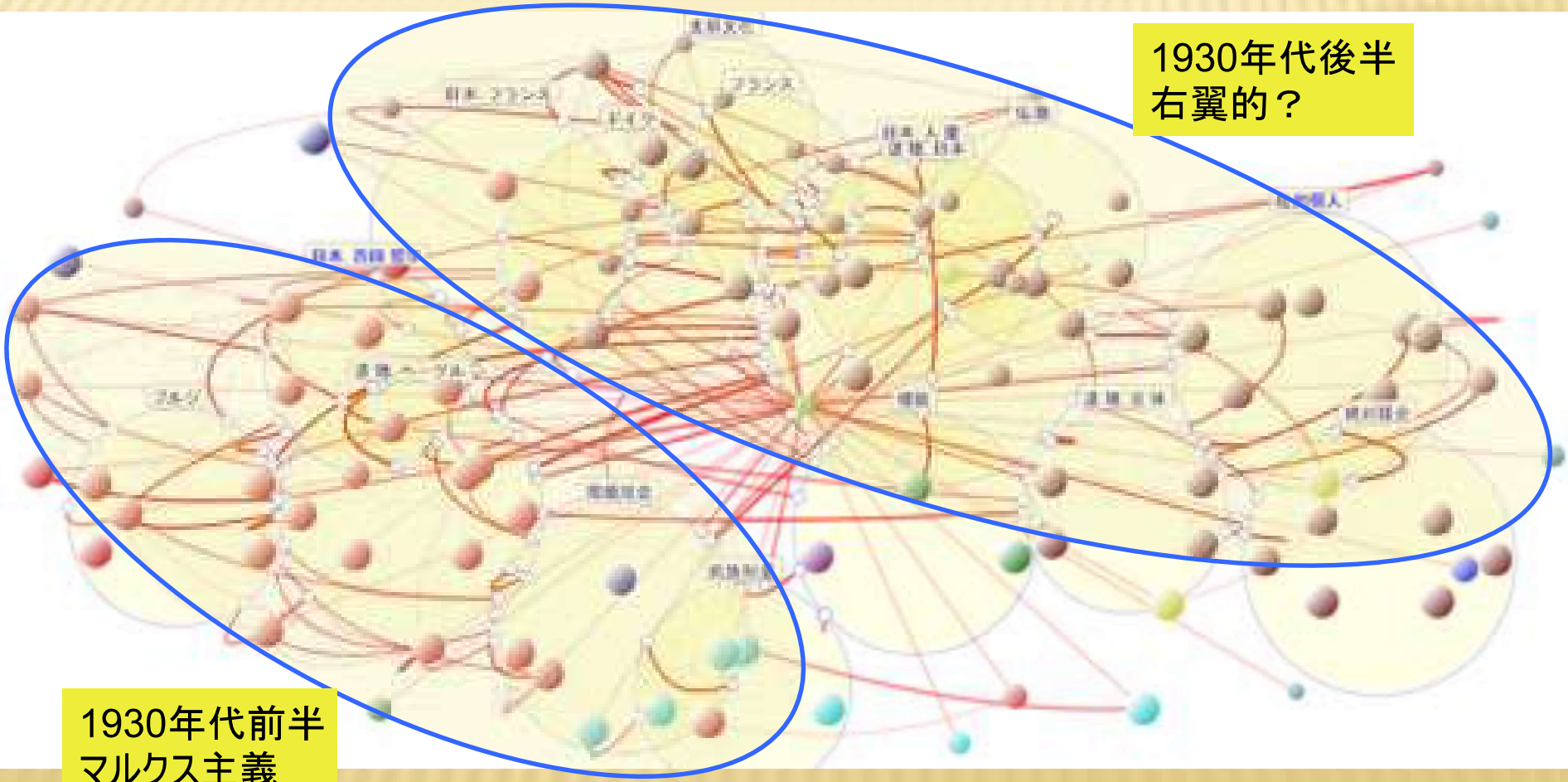
apple

検索

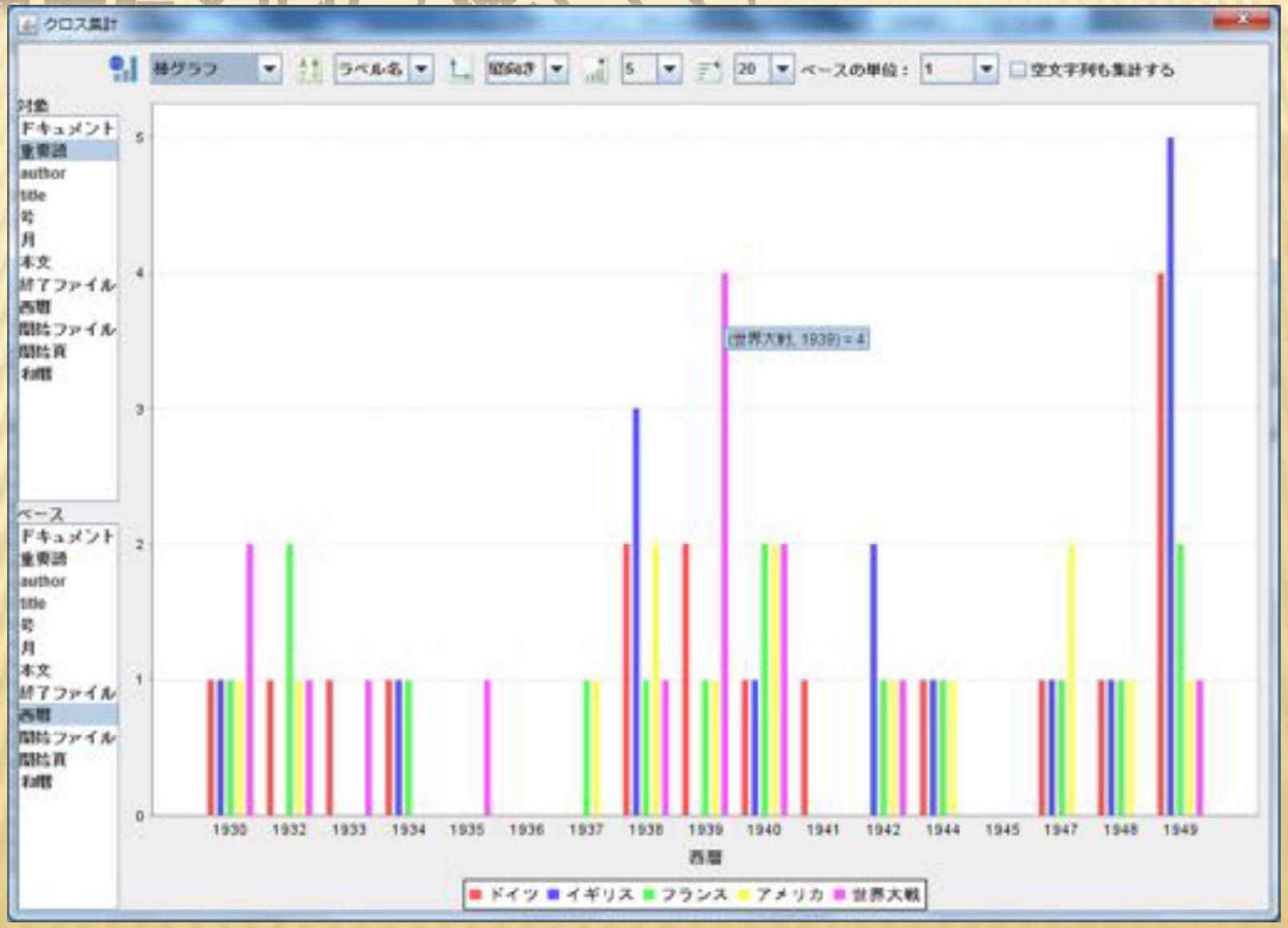
果物

IT

MIMAサーチ可視化分析
「大和民族」に関連する論述



属性毎のクロス集計
重要語×年代（棒グラフ）



属性毎のクロス集計
重要語×著者（円グラフ）

言葉の表現の集計

- 著者ごとよく使う表現を集計

著者: 三木清 (著者リスト) キーワード: 論理 検索

◉スコア順 ○頻度順 □著者別順

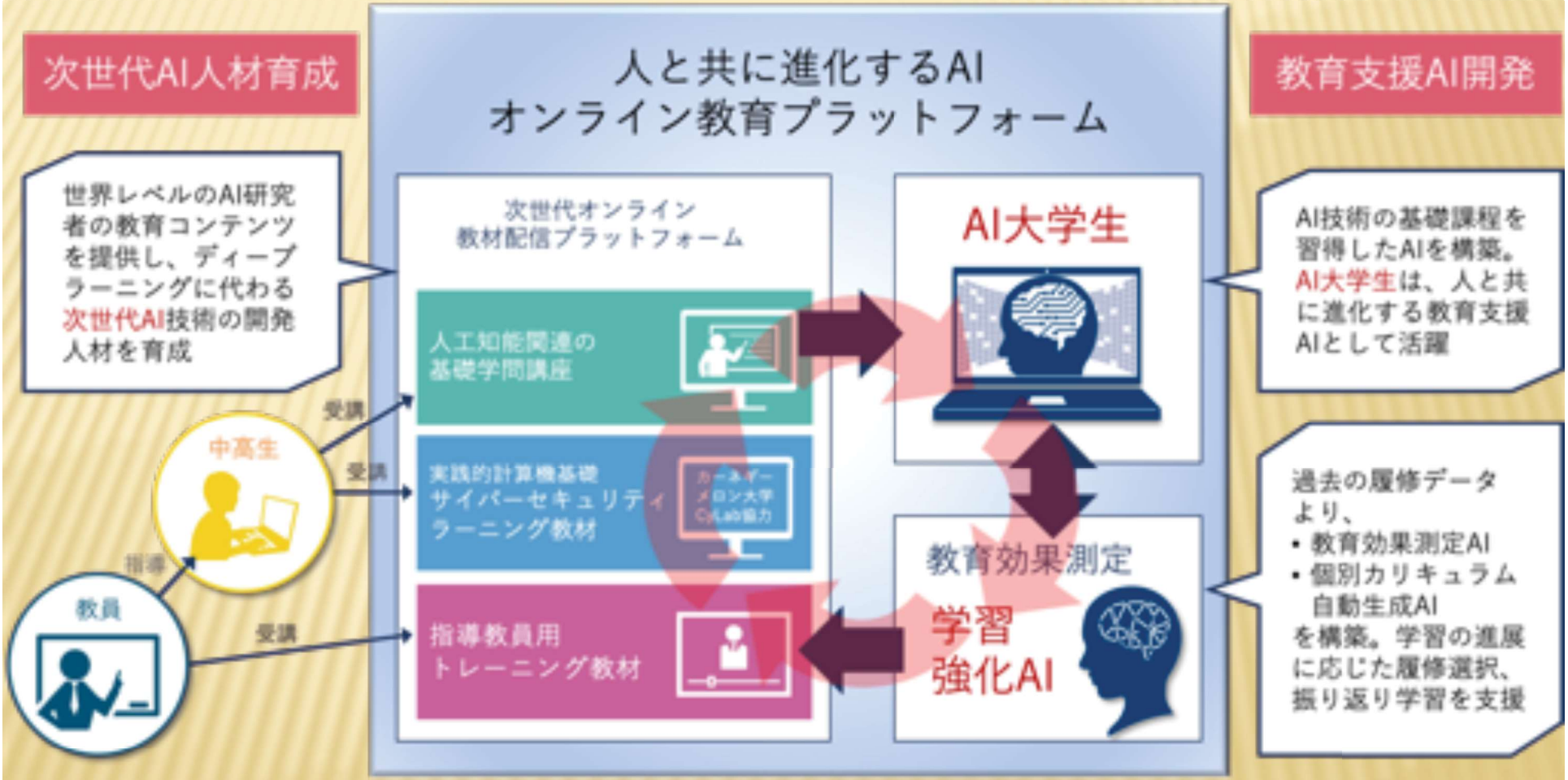
著者	係り元	係り先	頻度	スコア	用例
三木清	構想力	論理	121	772.609	→用例
	論理	有る	89	186.431	→用例
	論理	論理	50	167.034	→用例
	形	論理	20	113.841	→用例
	論理	無い	42	109.242	→用例
	論理	言う	30	91.590	→用例
	経験	論理	16	91.073	→用例
	直観的悟性	論理	13	83.008	→用例
	論理	就く	21	78.669	→用例
	理性	論理	11	62.613	→用例
	論理	もの	19	59.415	→用例
	論理	考える	15	58.504	→用例
	論理	する	21	52.794	→用例
	論理	従う	13	51.835	→用例
	悟性	論理	8	42.293	→用例
	論理	因る	12	38.996	→用例
	想像	論理	6	38.311	→用例
	論理	居る	14	37.403	→用例

横断的な知見

- あるテーマに対するそれぞれの見方、関連

AIが読む

人と共に進化するAI オンライン教育プラットフォーム



活用のまとめ

- AIが読む
  - 質問応答
  - 未来予測
- 人が読む
  - 資料体へのアクセス・公開
    - 教育支援、教材づくり
    - 海外の研究者の支援
      - 近代の言語資源の価値化

人材育成

ご清聴ありがとうございました

mima.hideki.8y@kyoto-u.ac.jp