

コンピュータによる数式認識のはなし

岡シンポジウム

平成25年12月14日

於・奈良女子大学

鈴木昌和

Photo

元・九州大学・数理学研究院
九州先端科学技術研究所
数理情報処理研究グループ: InftyProject
NPO法人 サイエンス・アクセシビリティ・ネット

紹介する内容

- Inftyproject と「サイエンス・アクセシビリティ・ネット」
- 開発システムの現状(デモを含む)
- 数式認識アルゴリズム
- 今後の課題
 - 認識システムの課題
 - 教科書・教材のアクセシビリティ
 - 視覚障害学生コミュニティ育成

Section 1

InftyProject & sAccessNet

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

3

InftyProject

- きっかけは... 1991年に全盲の学生が九大数学科に入学、その後大学院まで進学
 - 1990年代:視覚障害者にとって情報アクセス環境が劇的に改善(OCR,インターネット等)
 - しかし、理系分野では数式があるために困難
 - 数学の学術文献の電子化技術としてもニーズがある
- 九大を中心に研究グループ InftyProject 発足
 - 数式を含む科学的文書情報の処理に関する研究
 - 数学用のOCRや点訳・音声化などの技術開発
 - 九大数理の大学院生達が活躍
 - 科研費 --- 鈴木昌和(九大)、山口雄仁(日大)

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

4

InftyProject

- 数式を含む科学文書情報処理に関する研究
- 複数の大学のメンバーによる共同研究
 - ・ ほぼ毎年研究集会(参加者:30~40名)
- 実際に使えるシステム開発に重点
 - ・ 数式を含む文書のOCRシステム
 - ・ 数式を編集するユーザーインターフェース
 - ・ 数学的コンテンツの種々のデータ変換
- ホームページ: <http://www.inftyproject.org/>
(Ground Truth 付きの数式画像・数学記号画像データベース)

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

5

sAccessNet

- NPO法人「サイエンス・アクセシビリティ・ネット」
(Science Accessibility Net)
 - 設立:2005年12月
 - 目的:理系分野での視覚障害者支援
 - バックボーン:InftyProject の研究成果
 - 活動:
 1. 支援ソフト開発・販売
 2. 視覚障害者のための電子化サービス(書籍・PDF→点字、音声)
 3. 一般向けの電子化事業
 - ・ 数学の論文誌等の電子化(Hidden Text 付きPDF)
 - ・ 印刷文書・PDF→XML, HTML, Word, Daisy, EPUB3, etc.

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

6

sAccessNet

■ NPO法人「サイ (Science Access

設立: 2005年12月

目的: 理系分野での視

バックボーン: InftyPro

活動:

1. 支援ソフト開発・販売
2. 視覚障害者のための電子化サービス(書籍・PDF→点字、音声)
3. 一般向けの電子化事業
 - ・数学の論文誌等の電子化 (Hidden Text 付きPDF)
 - ・印刷文書・PDF→XML, HTML, Word, Daisy, EPUB3, etc.

開発ソフト:

InftyReader — 数式を認識できるOCRソフト

InftyEditor — 専門知識が不要な科学文書用エディタ

ChattyInfty — 読み上げ機能付き科学文書用エディタ

BrailleInfty — 数学用点訳・点字編集ソフト

BatchInfty — 大量文書の電子化

・2010～2012 視覚障害者のための Summer University in EU
で InftyReader と ChattyInfty のセッション開催

“InftyReader” OCR for mathematical documents

■ Demonstration

- ページ認識(英文数学論文)
- ページ認識(和文高校数学)
- 英文数学教科書
- 表
- 行列

InftyReader

sAccessNet

■ NPO法人「サイ (Science Access

設立: 2005年12月

目的: 理系分野での視

バックボーン: InftyPro

活動:

1. 支援ソフト開発・販売
2. 視覚障害者のための電子化サービス(書籍・PDF→点字、音声)
3. 一般向けの電子化事業
 - ・数学の論文誌等の電子化 (Hidden Text 付きPDF)
 - ・印刷文書・PDF→XML, HTML, Word, Daisy, EPUB3, etc.

開発ソフト:

InftyReader — 数式を認識できるOCRソフト

InftyEditor — 専門知識が不要な科学文書用エディタ

ChattyInfty — 読み上げ機能付き科学文書用エディタ

BrailleInfty — 数学用点訳・点字編集ソフト

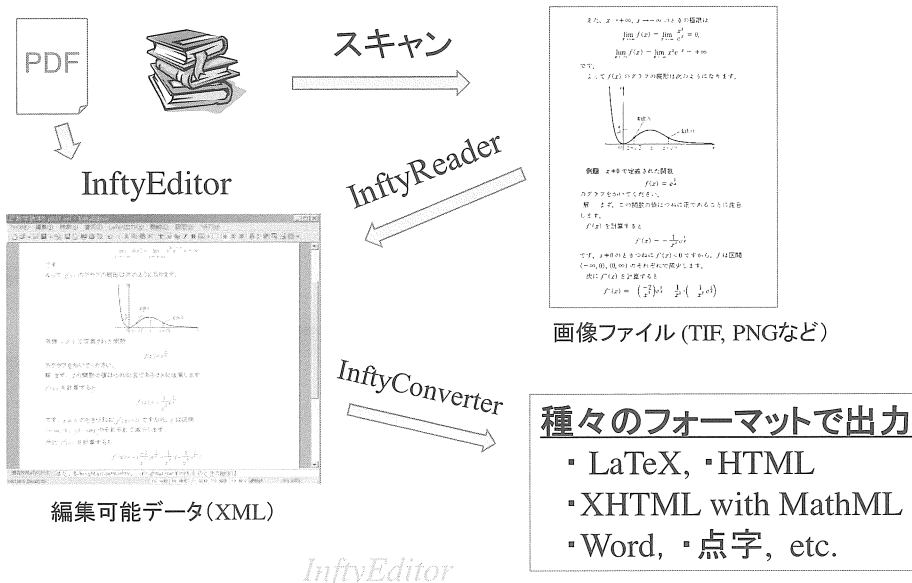
BatchInfty — 大量文書の電子化

・2010~2012 視覚障害者のための Summer University in EU
で InftyReader と ChattyInfty のセッション開催

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

9

InftyReader & InftyEditor



特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

10

sAccessNet

■ NPO法人「サイ (Science Access

設立: 2005年12月

目的: 理系分野での視

バックボーン: InftyPro

活動:

1. 支援ソフト開発・販売
2. 視覚障害者のための電子化サービス(書籍・PDF→点字、音声)
3. 一般向けの電子化事業
 - ・数学の論文誌等の電子化 (Hidden Text 付きPDF)
 - ・印刷文書・PDF→XML, HTML, Word, Daisy, EPUB3, etc.

開発ソフト:

InftyReader — 数式を認識できるOCRソフト

InftyEditor — 専門知識が不要な科学文書用エディタ

ChattyInfty — 読み上げ機能付き科学文書用エディタ

BrailleInfty — 数学用点訳・点字編集ソフト

BatchInfty — 大量文書の電子化

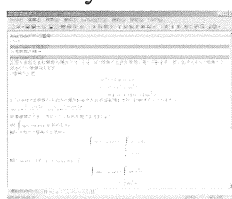
・2010～2012 視覚障害者のための Summer University in EU
で InftyReader と ChattyInfty のセッション開催

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

11

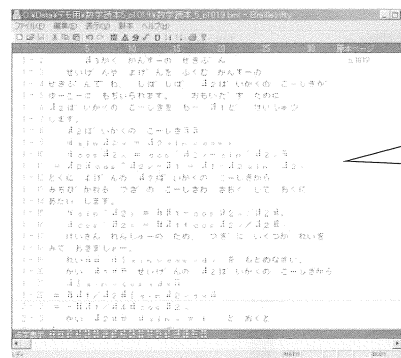
ChattyInfty & BrailleInfty

InftyEditor



自動点訳

音声で読む



Demo 点字
で保存

ChattyInfty

Demo

マルチメディアDAISY, EPUB3

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

12

sAccessNet

■ NPO法人「サイエンス・アクセス・ネット」 (Science Access Net)

設立: 2005年12月

目的: 理系分野での視覚障害者のための電子化

バックボーン: InftyProject

活動:

1. 支援ソフト開発・販売
2. 視覚障害者のための電子化サービス(書籍・PDF→点字、音声)
3. 一般向けの電子化事業
 - ・数学の論文誌等の電子化(Hidden Text 付きPDF)
 - ・印刷文書・PDF→XML, HTML, Word, Daisy, EPUB3, etc.

開発ソフト:

InftyReader - 数式を認識できるOCRソフト
 InftyEditor - 専門知識が不要な科学文書用エディタ
 ChattyInfty - 読み上げ機能付き科学文書用エディタ
 BrailleInfty - 数学用点訳・点字編集ソフト
 BatchInfty - 大量文書の電子化

・2010～2012 視覚障害者のための Summer University in EU
 で InftyReader と ChattyInfty のセッション開催

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

13

sAccessNet による数学文献電子化

■ 数学論文誌等の電子化

- 日本数学会発行ジャーナル誌(3論文誌)・・・約6万5千頁(欧文)
- 京都大学数理解析研究所講究録・・・・・・・約30万頁(日英混在)
- 大学等の紀要 11論文誌・・・・・・・約10万頁(欧文)
- シンポジウム集(2シリーズ)・・・・・・・約5万頁(日英混在)

■ 単行本

- 視覚障害者支援(数学・物理・化学)・・・・・・・88冊
- マルチメディアDAISY教科書(数学・理科)・・・・23冊
- 出版社の依頼(数学公式集等)・・・・・・・2冊(英語・日本語各1)

■ 7世紀の英語古文書8巻・・・・約4000頁

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

14

sAccessNet による数学文献電子化

- 業務用スキャナによるスキニング
- InftyReader による XML データベース化
 1. LaTeX ソース生成
 2. XHTML / MathML 出力
 3. PDF
 - ・ Hidden Text … 数式は LaTeX 又は MathML
 - ・ しおり付き(章、節、定義、定理、命題等)
 - ・ ハイパーリンク(文献、定理引用、数式番号)
 4. 文献リスト抽出

情報の電子化

- 文献電子化
 - 第1次電子化 … 画像として保存し、書誌情報を付与
 - 第2次電子化 … Internet の検索システムにリンク
(コード化された情報)
 - 第3次電子化 … 構造化された情報としての電子化
(操作可能な電子情報)
 - 第4次電子化 … 高水準のコンピュータ処理可能な電子化

Sample

“InftySystem” for large scale digitization

■ 大規模電子化・・・Adaptive method が有効



Get information from the target document:

- Character features,
- Math formula parameters,
- Layout parameters, etc.

1. BatchInfty
2. CharImageManager
3. InftyReaderPro
4. 多言語対応

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

17

Section 2

InftyReader

(Flow & Method)

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

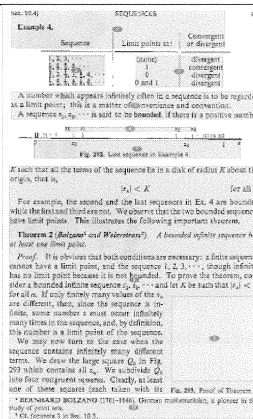
18

A diagram illustrating the transformation of a flat box into a stack of books. On the left, a flat rectangular box is shown with a smaller rectangle inside it. An arrow points from this box to a stack of four books on the right, representing the process of folding or transforming the flat surface into a three-dimensional structure.

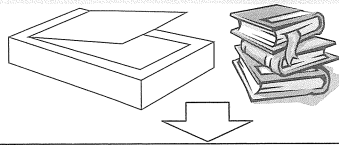


特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

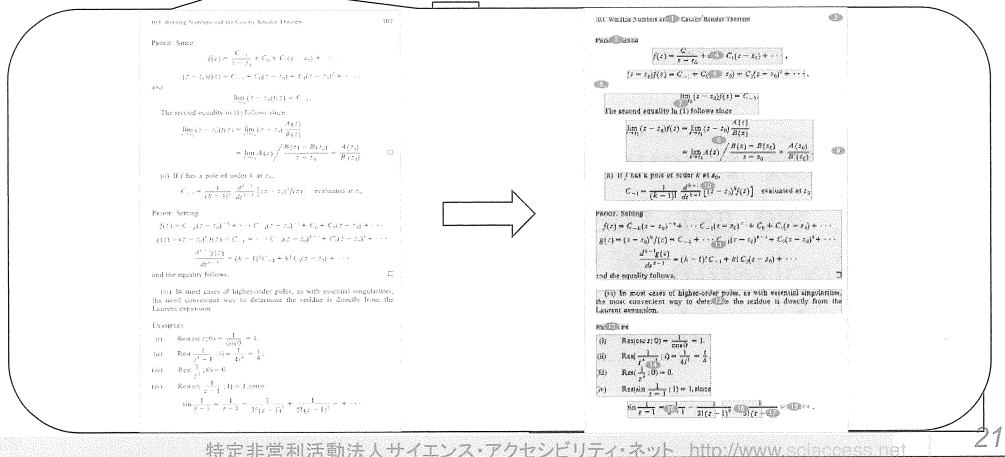
A diagram illustrating the transformation of a flat box into a stack of books. On the left, a flat rectangular box is shown with its top flaps folded inward. An arrow points from this box to a stack of four books on the right, representing the process of folding the box into a compact, stackable form.



InftyReader Flow



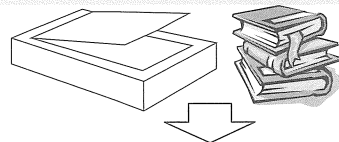
Segmentation of Areas (Text, Table, Figure)



特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

21

InftyReader Flow



Segmentation of Areas (Text, Table, Figure)

Recognition per line
(Character recognition, Math Structure analysis)

Document Structure analysis
(Title, Chapter, Section, Itemize, Theorem, Bib, etc.)

Outputs

XML

LaTeX, HTML,
Human readable TeX
Braille codes, Speak data, etc.

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

22

Line Segmentation (Sample)

so for r large enough, $J(z) \leq C_2 r^e$ for
 $\overline{\lim}_{r \rightarrow \infty} J(rz)/r^e$ and $j^*(z) = \overline{\lim}_{z' \rightarrow z} j(z')$, whi
 and positively homogeneous of order

$(S, \cdot)$ for resource k and schedule S . If re
 leted, we get the corresponding time-const
 n $PS \infty |temp, \bar{d}| \sum \sum c_k^v \varphi_{kt} + c_k^f \Delta^+ \varphi_{kt}$. An
 oblem is again called *time-optimal*.

Line Segmentation (Sample)

so for r large enough, $J(z) \leq C_2 r^e$ for
 $\overline{\lim}_{r \rightarrow \infty} J(rz)/r^e$ and $j^*(z) = \overline{\lim}_{z' \rightarrow z} j(z')$, whi
 and positively homogeneous of order

$(S, \cdot)$ for resource k and s
 leted, we get the correspo
 n $PS \infty |temp, \bar{d}| \sum \sum c_k^v \varphi_{kt} + c_k^f \Delta^+ \varphi_{kt}$.
 oblem is again called *time*

Method of Line Segmentation

21. Prove that (2) is equivalent to the pair of relations

$$\lim_{z \rightarrow z_0} \operatorname{Re} f(z) = \operatorname{Re} l, \quad \lim_{z \rightarrow z_0} \operatorname{Im} f(z) = \operatorname{Im} l.$$

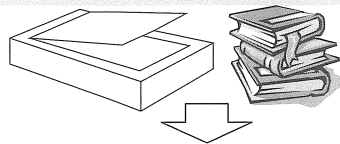
22. The function $f(z) = 3(z^2 - 1)/(z - 1)$ is not defined for $z = 1$, but for all other values of z it is equal to $3(z + 1)$. Using the definition of the limit, show that $\lim_{z \rightarrow 1} f(z) = 6$. (Note that the limit is established when some formula is found for δ as a function of ϵ .)

21. Prove that (2) is equivalent to the pair of relations

$$\lim_{z \rightarrow z_0} \operatorname{Re} f(z) = \operatorname{Re} l, \quad \lim_{z \rightarrow z_0} \operatorname{Im} f(z) = \operatorname{Im} l.$$

22. The function $f(z) = 3(z^2 - 1)/(z - 1)$ is not defined for $z = 1$, but for all other values of z it is equal to $3(z + 1)$. Using the definition of the limit, show that $\lim_{z \rightarrow 1} f(z) = 6$. (Note that the limit is established when some formula is found for δ as a function of ϵ .)

InftyReader Flow



Segmentation of Areas (Text, Table, Figure)

Recognition per line

(Character recognition, Math Structure analysis)

Document Structure analysis

(Title, Chapter, Section, Itemize, Theorem, Bib, etc.)

Outputs

XML

LaTeX, HTML,
Human readable TeX
Braille codes, Speak data, etc.

Math/Text Segmentation

Number of characters in Math area is about 20% of all the characters in pure math journals.

Simple math elements

We assert that X is torsion-free. Indeed, if X is not torsion-free then it has a direct summand $C(p^k)$, $1 \leq k < \infty$ ([2], p. 80), $X = C(p^k) \oplus X'$. This implies that

$$X/p^{k+1}X \cong C(p^k) \oplus X'/p^{k+1}X'$$

which is contrary to

$$X/p^{k+1}X \cong C(p^{k+1}).$$

Structured math expressions

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

27

Math/Text Segmentation

■ Recognition of ordinary texts and separation of Math expression areas ----- *Simultaneous process using DP*

1. Combination of different OCR engines
2. Score using relative position check

Current version:

Infty + Two commercial OCRs (T + M) + A(Optional)

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

28

Methods

Method 1 (Recognition of words)

Niihama-gun,

F: *N ü h a m a - g u n ,*

E: *N i i h a r n a - g u n ,*

I: *N i i / ɪ a m a - g u n ,*

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

29

Methods

Method 1.

Niihama-gun,

F: *N ü h a m a - g u n ,*

E: *N i i h a r n a - g u n ,*

I: *N i i / ɪ a m a - g u n ,*

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

30

Methods

Method 1.

Shortest Path

Result

Niihama-gun,

N i i h a m a g u n ,

F: *(N) (i) (i) (h) (a) (m) (a) - g u n ,*

E: *(N) (i) (i) (h) (a) (r) (n) (a) - g u n ,*

I: *(N) (i) (i) / l (a) (m) (a) - g u n ,*

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

31

Methods

Method 2 (Use character sizes and positions)

Consider the metric ρ defined in Ω by

$$\rho(z) |dz| = \frac{|du + i*du|}{\Theta(c)} \text{ if } z \in l(c), -\infty < c < \infty,$$

It is not difficult to show (cf., e.g., Ohtsuka [7]) that, if $\Gamma(a, b) \neq \emptyset$, th

Consider the metric Q defined in 0 by

$\forall du + i*du$

$= \int Q^T L$ if $Z \in l(c), -\infty < c < \infty.$

It is not difficult to show (cf., e.g., Ohtsuka [7]) that,|

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

32

Methods

Method 2 (Use character sizes and positions)

Consider the metric ρ defined in Ω by

$$\rho(z) |dz| = \frac{|du + i*du|}{Q(c)} \quad \text{if } z \in l(c), -\infty < c < \infty.$$

It is not difficult to show (cf., e.g., Ohtsuka [7]) that, if $\Gamma(a, b) \neq \emptyset$, then

Consider the metric Q defined in Ω by

$$\int \sqrt{du + i*du} \dots = \int Q^T L \quad \text{if } z \in l(c), -\infty < c < \infty.$$

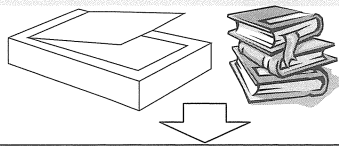
It is not difficult to show (cf., e.g., Ohtsuka [7]) that,

Math/Text Segmentation

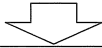
■ Recognition of ordinary texts and separation of Math expression areas ----- *Simultaneous process using DP*

1. Combination of different OCR engines
2. Score using relative position check
3. Font information (立体、斜体)
4. Linguistic information (partially)
5. etc.

InftyReader Flow



Segmentation of Areas (Text, Table, Figure)



Recognition per line

(Character recognition, Math. Structure analysis)



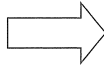
Document Structure analysis

(Title, Chapter, Section, Itemize, Theorem, Bib, etc.)



Outputs

XML

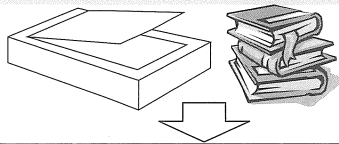


LaTeX. HTML,
Human readable TeX
Braille codes, Speak data, etc.

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net/>

35

InftyReader Flow

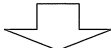


Segmentation of Areas (Text, Table, Figure)



Recognition per line

(Character recognition, Math. Structure analysis)



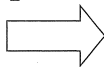
Document Structure analysis

(Title, Chapter, Section, Itemize, Theorem, Bib, etc.)



Outputs

XML



LaTeX. HTML,
Human readable TeX
Braille codes, Speak data, etc.

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net/>

36

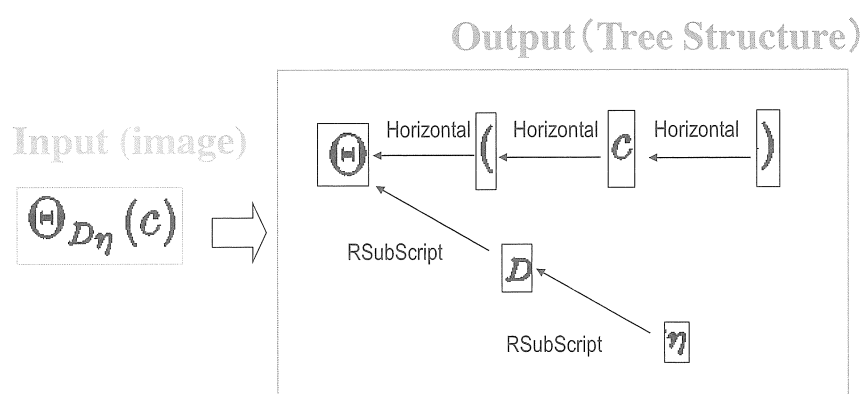
Formulae recognition

- R. Anderson, Syntax directed recognition of hand-printed two dimensional mathematics.
Interactive System for Experimental Applied Mathematics, M.Klerer and J. Reinfelds, Eds, Academic Press, 1968, pp. 436-459
- M. Okamoto and H. Twaakyondo, Structure analysis and recognition of mathematical expressions, 3rd ICDAR, 1995, Montreal, (1995), 430--437.
- R. J. Fateman, T. Tokuyasu, B. P. Berman and N. Mitchell, Optical Character Recognition and Parsing of Typeset Mathematics, Journal of Visual Communication and Image Representation vol.7, no.1, (1996), 2--15.
- Y. Eto and M. Suzuki, Mathematical formula recognition using virtual link network, 6th ICDAR, 2001, Seattle, IEEE Computer Society Press , 430--437

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

37

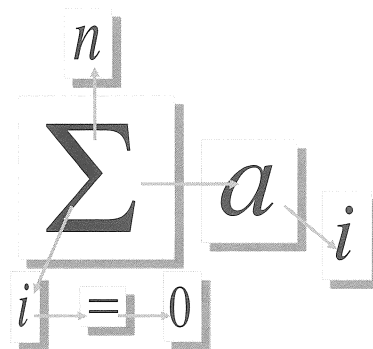
Structure Analysis of Formulae



特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

38

Structure Analysis of Formulae



Structure Analysis of Formulae

■ Some difficult cases :

Collapsing of quotient spaces of $SO(n) \backslash SL(n, \mathbf{R})$ at infinity

203

$$= -C \log \left\{ \Delta_1(x)^{\alpha_1 - \alpha_n} \times \prod_{k=2}^{n-1} \left(\frac{\Delta_k(x)}{\Delta_{k-1}(x)} \right)^{\alpha_k - \alpha_n} \right\}$$

$$= -C \log \Delta_k(x)^{\alpha_k - \alpha_{k+1}}$$

$$= C \log \left(\prod_{k=1}^{n-1} \Delta_k(x)^{\alpha_{k+1} - \alpha_k} \right)$$

□

Structure Analysis of Formulae

■ Some difficult cases

Collapsing of quotient space

$$\Delta_k(x)^{\alpha_k - \alpha_{k+1}}$$

$$= -C \log \{ \Delta_1(x) \}$$

$$= -C \log \Delta_k(x)^{\alpha_k - \alpha_{k+1}}$$

$$= C \log \left(\prod_{k=1}^{n-1} \Delta_k(x)^{\alpha_{k+1} - \alpha_k} \right)$$

□

Structure Analysis of Formulae

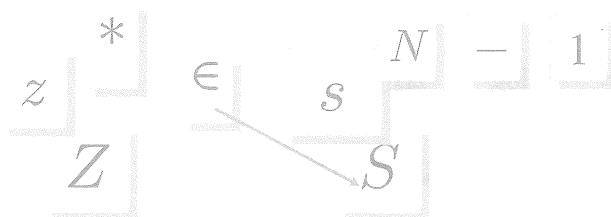
■ Link possibilities :

$$= c_t^* (25)$$

Structure Analysis of Formulae

- Similar characters :

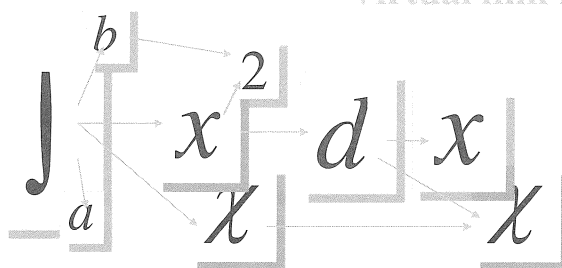
$$z^* \in S^{N-1}$$



Structure Analysis of Formulae

$$\int_a^b x^2 dx$$

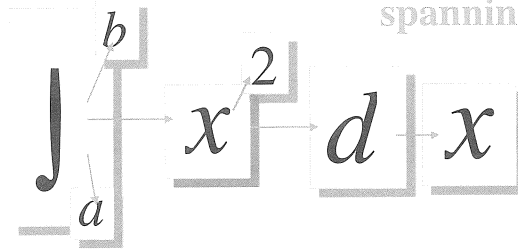
Virtual link network



Structure Analysis of Formulae

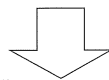
$$\int_a^b x^2 dx$$

Search for correct
spanning tree

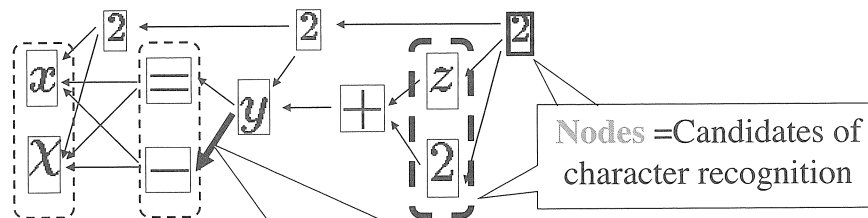


Virtual link network

Input image $x^2 = y^2 + z^2$



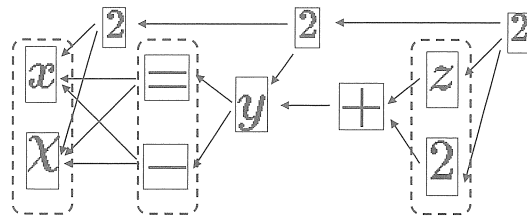
Virtual link network



Each Link has a label and the link cost
Link: Horizontal, Upper, Under, Rsup, Rsub, Lsup, Lsub

Extraction of Structure Tree

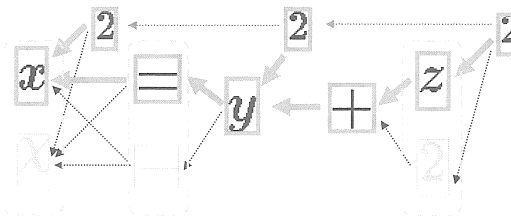
Network



Optimization
under constraints

- Minimum total cost
- Link restrictions

Structure
Tree

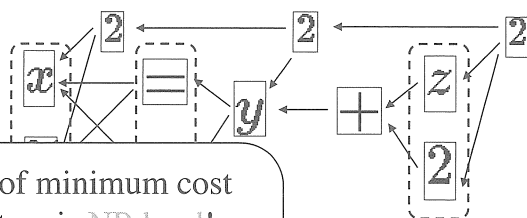


特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

47

Extraction of Structure Tree

Network



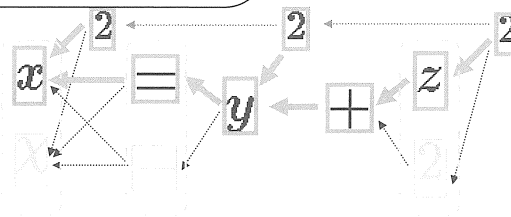
Optimization
under constraints

- Minimum total cost
- Link restrictions

Extraction of minimum cost
spanning tree is NP-hard!

Strategy of the current version:
Beam search

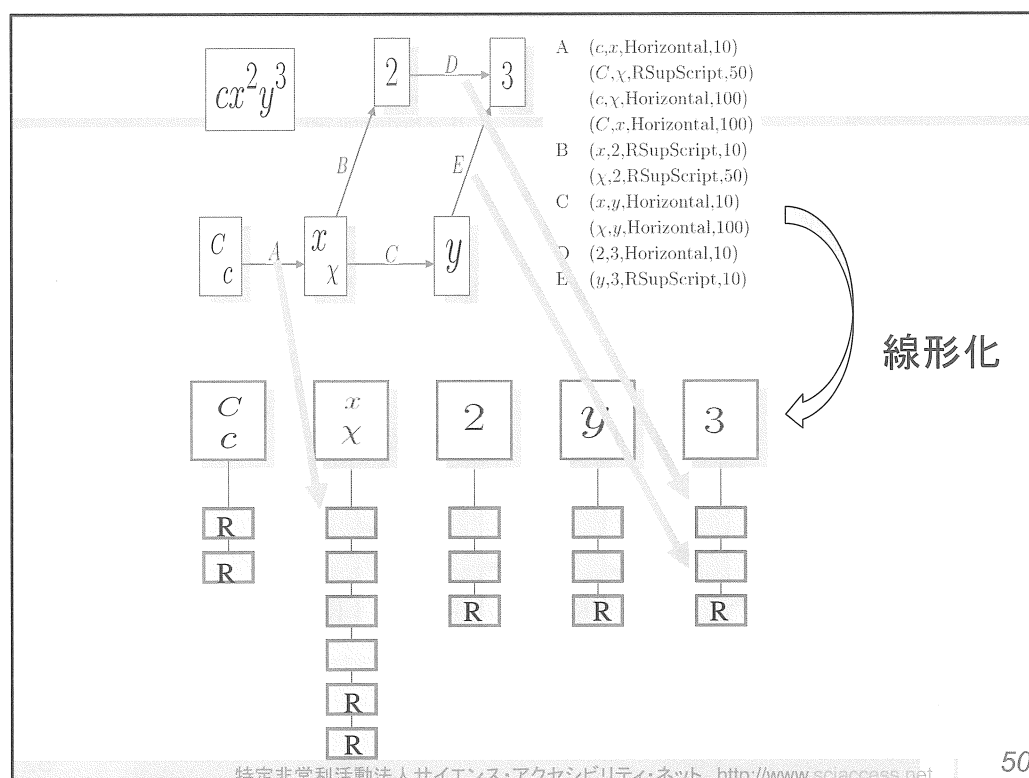
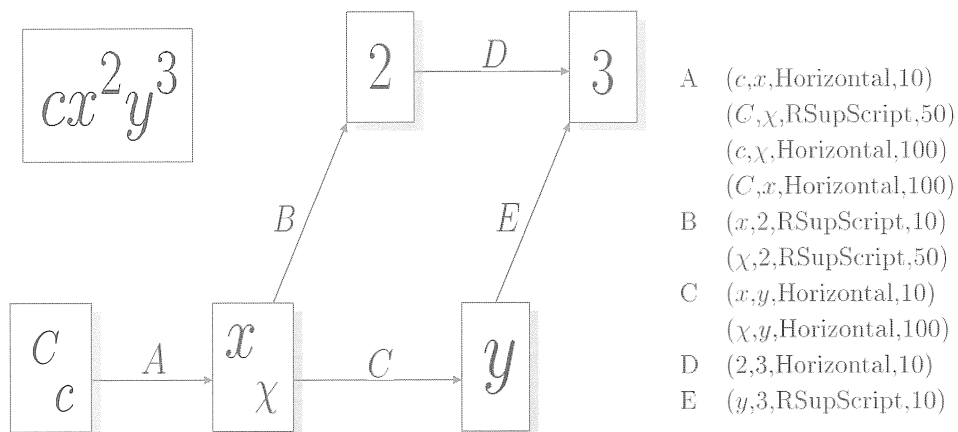
Tree

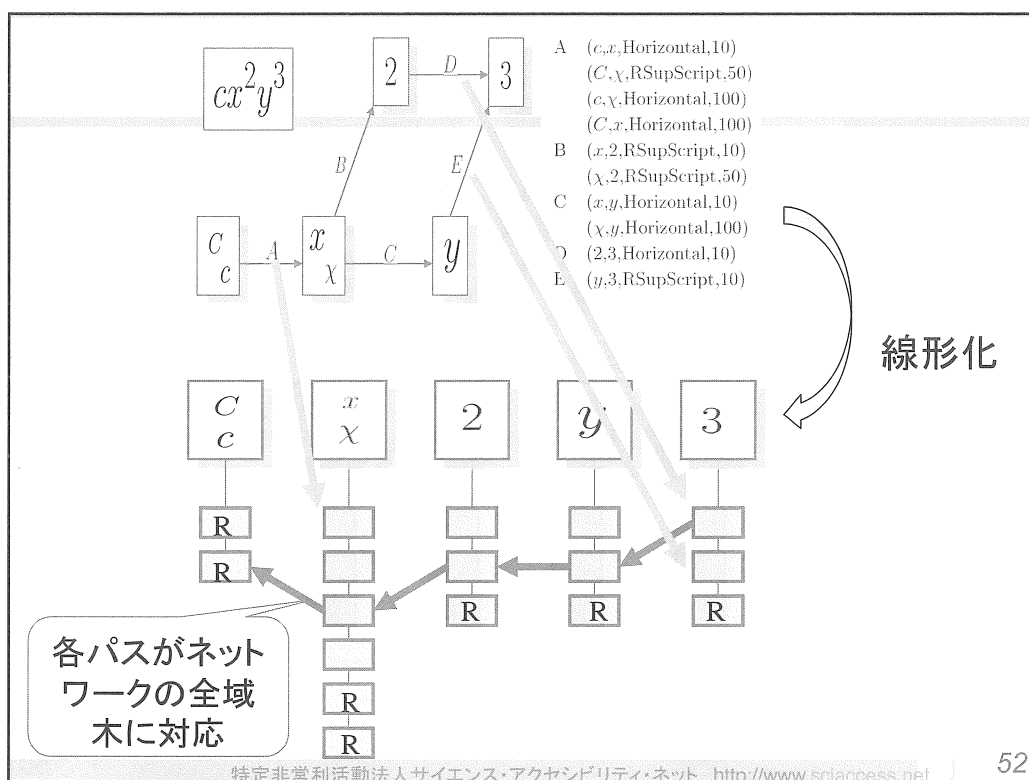
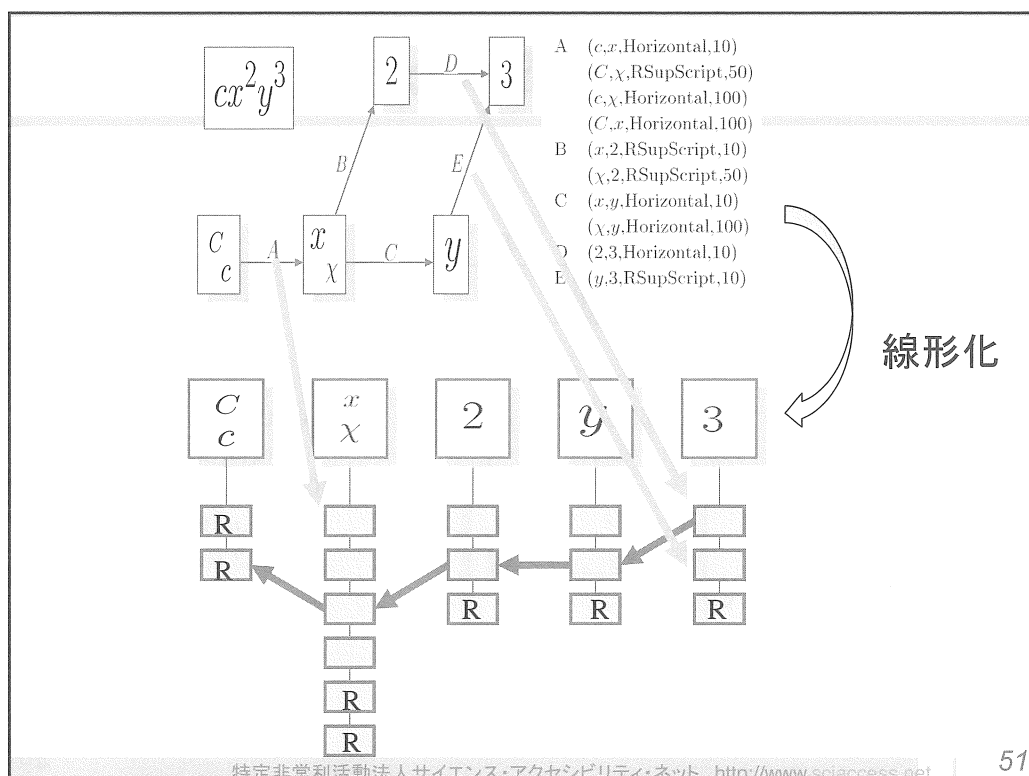


特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

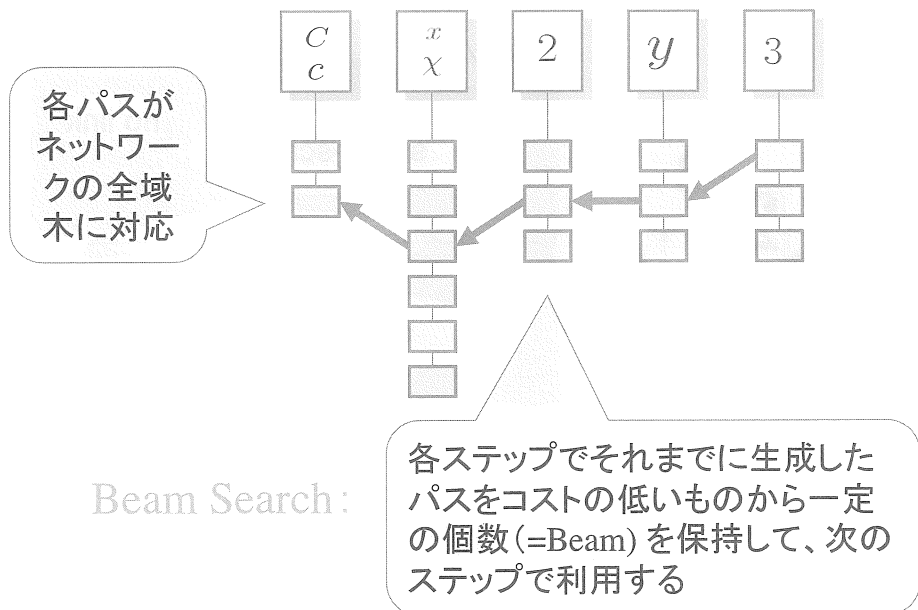
48

Extraction of Structure Tree





Search of spanning tree



特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net/>

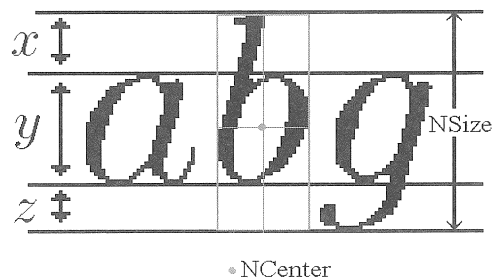
53

Link Cost

Definitions of :

Normalized size (NSize) and
Normalized center (NCenter)

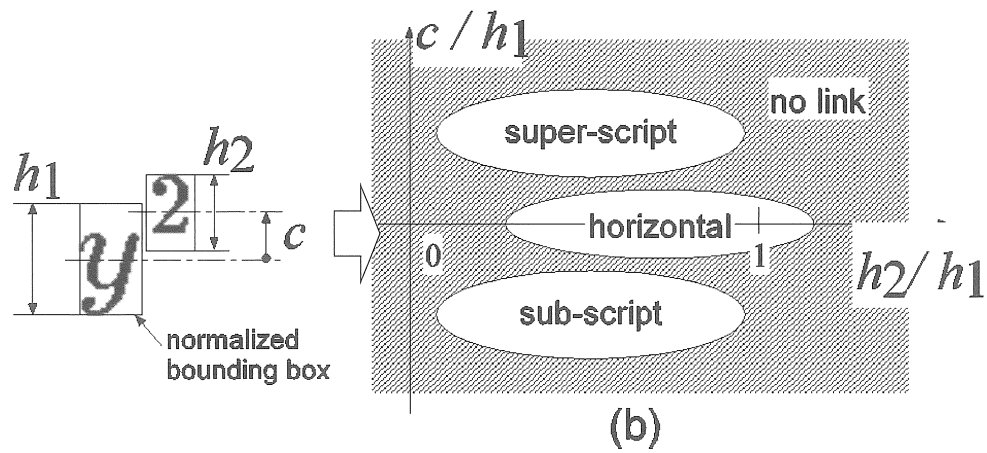
$x:y:z = 28:51:21$
(default value)



特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net/>

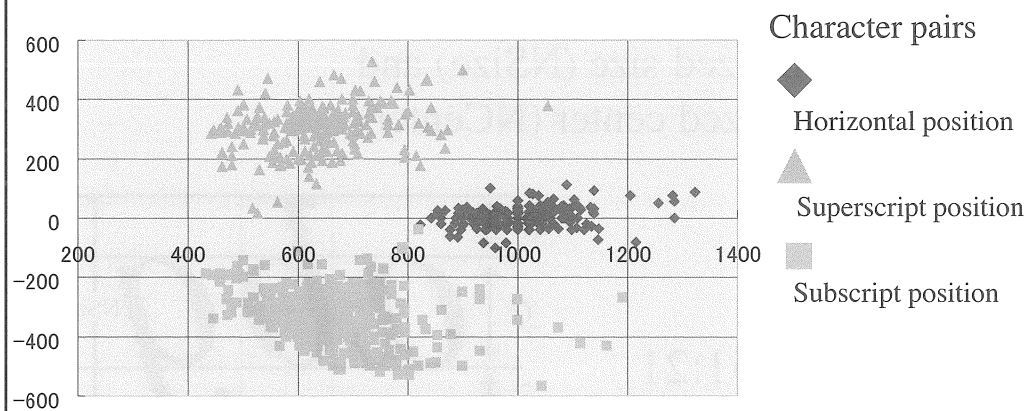
54

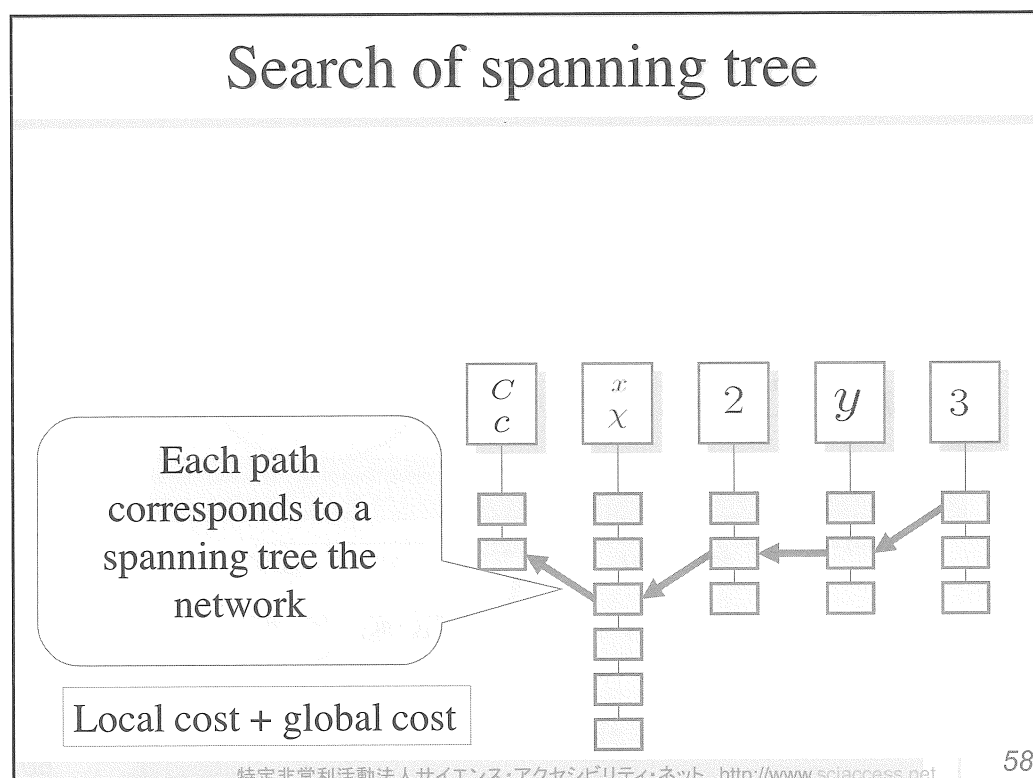
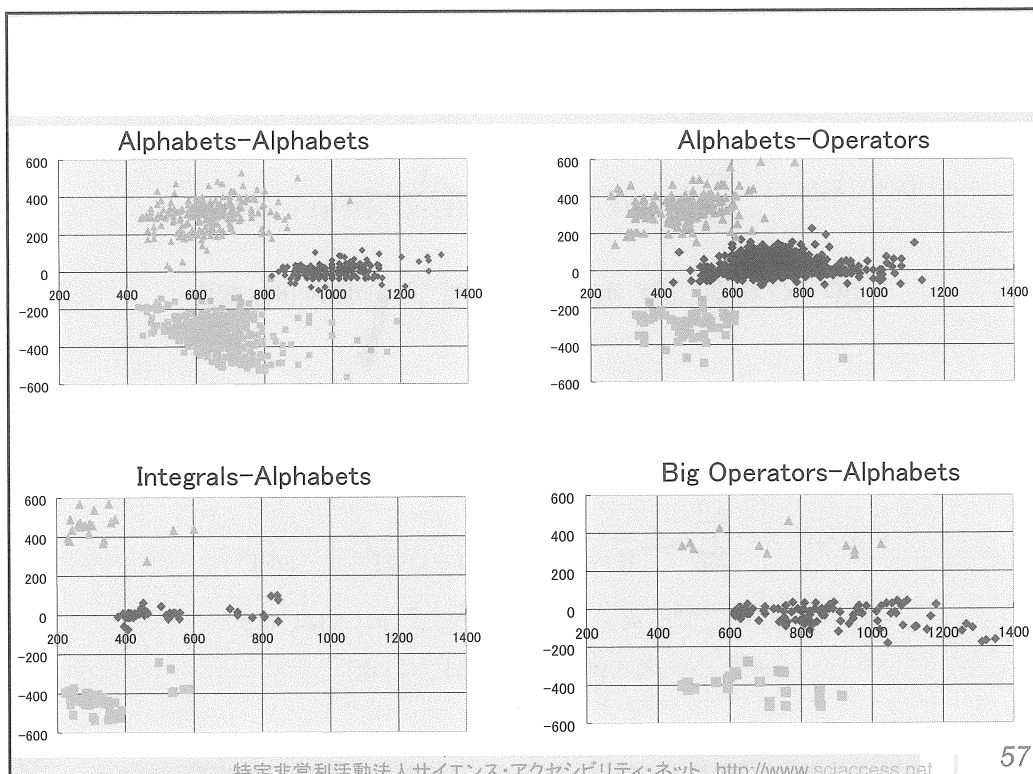
Link Cost



Link Cost

Distribution map in the (H,D)-plane





Effect of global cost

$$(5.3) \quad k_{\alpha}(\zeta, z) = \sum_{q=0}^{n-1} c_{n,\alpha,q} \frac{1}{(1-\bar{\zeta} \cdot z)^{n+\alpha-q} (1-\zeta \cdot \bar{z})^{q+1} (1-|a|^2)^n}$$

$$\times \left[[(1-\bar{\zeta} \cdot z) P_{n-q-1}^{\alpha-1, -n} \bar{z} \cdot d\zeta - (1-|z|^2) P_{n-q-1}^{\alpha, -n} \bar{\zeta} \cdot d\zeta] \wedge (d\bar{z} \cdot d\zeta)^q \right.$$

$$\left. + q P_{n-q-1}^{\alpha, -n} \bar{z} \cdot d\zeta \wedge (d\bar{z} \cdot d\zeta)^{q-1} \wedge \bar{\partial}|z|^2 \wedge \bar{\zeta} \cdot d\zeta \right],$$

$$(5.3) \quad k_{\alpha}(\zeta, z) = \sum_{q=0}^{n-l} c_{n,\alpha,q} \frac{l}{(l-\bar{\zeta} \cdot z)^{n+\alpha-q} (1-\zeta \cdot \bar{z})^{q+1} (l-|a|^2)^n}$$

$$\times \left[[(l-\bar{\zeta} \cdot z) P_{n-q-l}^{\alpha-1, -n} \bar{z} \cdot d\zeta - (l-|z|^2) P_{n-q-l}^{\alpha, -n} \bar{\zeta} \cdot d\zeta] \wedge (d\bar{z} \cdot d\zeta)^q \right.$$

$$\left. + q P_{n-q-l}^{\alpha, -n} \bar{z} \cdot d\zeta \wedge (d\bar{z} \cdot d\zeta)^{q-l} \wedge \bar{\partial}|z|^2 \wedge \bar{\zeta} \cdot d\zeta \right],$$

Effect of global cost

$$(5.3) \quad k_{\alpha}(\zeta, z) = \sum_{q=0}^{n-1} c_{n,\alpha,q} \frac{1}{(1-\bar{\zeta} \cdot z)^{n+\alpha-q} (1-\zeta \cdot \bar{z})^{q+1} (1-|a|^2)^n}$$

Result using local cost only

$$+ q P_{n-q-l}^{\alpha, -n} \bar{z} \cdot d\zeta \wedge (d\bar{z} \cdot d\zeta)^{q-l} \wedge \bar{\partial}|z|^2 \wedge \bar{\zeta} \cdot d\zeta,$$

$$(5.3) \quad k_{\alpha}(\zeta, z) = \sum_{q=0}^{n-l} c_{n,\alpha,q} \frac{l}{(l-\bar{\zeta} \cdot z)^{n+\alpha-q} (1-\zeta \cdot \bar{z})^{q+1} (l-|a|^2)^n}$$

$$\times \left[[(l-\bar{\zeta} \cdot z) P_{n-q-l}^{\alpha-1, -n} \bar{z} \cdot d\zeta - (l-|z|^2) P_{n-q-l}^{\alpha, -n} \bar{\zeta} \cdot d\zeta] \wedge (d\bar{z} \cdot d\zeta)^q \right.$$

$$\left. + q P_{n-q-l}^{\alpha, -n} \bar{z} \cdot d\zeta \wedge (d\bar{z} \cdot d\zeta)^{q-l} \wedge \bar{\partial}|z|^2 \wedge \bar{\zeta} \cdot d\zeta \right],$$

Effect of global cost

Section 3

今後の課題

認識システムの課題

- WDML (World Digital Mathematical Library)
 - Project Euclid , NUMDAM, DML-CZ, J-Stoer, etc.
 - EuDML (2011～)
 - 低解像度対応
 - タイプ印刷
 - 複雑な表、罫線が省略された表
 - 複雑な行列
 - 写像図式
- レイアウト解析
- 図の理解
- 化学式の認識

Problems

■ 低解像度画像

1. *The theorems.* Let $\{U_i\}$, $0 \leq i$ be a family of linear (=additive, continuous) maps from E to E :

$$U_i U_j = U_{i+j}, \quad U_0 = I \quad (= \text{the identity})$$

h that

Problems

■ タイプ印刷

flag variety $X = G/B$, $\varphi(\lambda)$ the invertible $\mathcal{O}_X^{-m}$ -module $\lambda \in \text{Hom}(B, GL_1)$, and D distributions of G . In characteristic 0, the D $H^1_{B^+ s_\alpha x_0}(X, \varphi(\lambda))$ and $H^0_{B^+ x_0}(X, \varphi(s_\alpha \cdot \lambda))$ are isomorphic if $\langle \lambda, \alpha^\vee \rangle = -1$, where $\cdot$ is the dot multiplication and $\alpha^\vee$ is the other hand, we will find in § 2 that in particular they are isomorphic iff $\langle \lambda, \alpha^\vee \rangle = -1$. General

Problems

■ タイプ印刷

Theorem 1.2. (cf. [Sk-1]) Let D and φ be as above, and let $(g_i)_{i \in \mathbb{N}}$ be a system of holomorphic functions on D (resp. a set of holomorphic functions). Let $\alpha > 1$ and let $q = \inf(n, p-1)$ (resp. Then, for any $f \in A(D)$ such that

$$\int_D e^{-\varphi} |f|^2 |g|^{-2\alpha q-2} d\lambda < \infty,$$

there exist p functions $h_i \in A(D)$ (resp. a sequence $(h_i)_{i \in \mathbb{N}}$) such

$$f = \sum_{i=1}^p g_i h_i \quad (\text{resp. } f = \sum_{i=1}^{\infty} g_i h_i)$$

Problems

■ WDML (World Digital Mathematical Library)

■ Project Euclid, NUMDAM, etc.

■ EuDML (2011～)

■ 低解像度対応

■ タイプ印刷

■ 複雑な表、罫線が省略された表 [PDF](#)

■ 複雑な行列 [PDF](#)

■ 写像図式 [PDF](#)

■ レイアウト解析

■ 図の理解

■ 化学式の認識

- WDM (World Digital Mathematics)
- Project Euclid
- EuDML (2011)
- 低解像度対応
- タイプ印刷
- 複雑な表、罫線が
- 複雑な行列
- 写像図式
- レイアウト解析
- 図の理解
- 化学式の認識

P

1 式の展開

1 単項式と多項式の乗法、除法

単項式と多項式の乗法について考えましょう。

図1 トライ1 1辺の長さが a の正方形があります。この正方形の横の長さを6のばした長方形の面積を、2通りの式で表しましょう。



図1 例1 ① $2a(3b-5)$
 $= 2a \times 3b - 2a \times 5$
 $= 6ab - 10a$
 ② $(2x-y+5) \times (-3x)$
 $= 2x \times (-3x) - y \times (-3x) + 5 \times (-3x)$
 $= -6x^2 + 3xy - 15x$

単項式と多項式の乗法は、分配法則を使って計算する。

$$a(b+c) = ab+ac \quad (a+b)c = ac+bc$$

図1 次の計算をしましょう。
 ① $3x(5y+3)$ ② $2x(3x-4y)$
 ③ $-a(5a+b)$ ④ $(2x+7y) \times (-4x)$
 ⑤ $(6x-2y) \times (-3y)$ ⑥ $\frac{1}{2}a(8a+2b)$
 ⑦ $2a-2a-5b+6c$ ⑧ $12x-4y-8z \div \frac{1}{2}x$

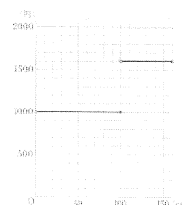
- WDM (World Digital Mathematics)
- Project Euclid
- EuDML (2011)
- 低解像度対応
- タイプ印刷
- 複雑な表、罫線が
- 複雑な行列
- 写像図式
- レイアウト解析
- 図の理解
- 化学式の認識

P

2 料金のしくみを調べよう

【課題】 同じ都道府県内に荷物を送るとき、A社とB社を調べました。すると、どちらの会社も、荷物の長さ、横の長さ、高さの和を荷物の大きさとして、その大きさに応じて料金を定めていました。以下に示す情報から荷物の大きさと料金の関係を読み取って、どんな場合に、どちらの会社の料金が安いかを調べましょう。

生活の中で、関数の考えを使えるようにしましょう。



A社では、荷物の大きさが100cm以下ならば1000円、それよりも大きくて160cm以下ならば1600円と定めています。下の表と左のグラフは、A社の料金のしくみを表したものです。

A社の料金表		
荷物の大きさ	100 cm以下	160 cm以下
料金	1000 円	1600 円

A社の料金について、次の問いに答えましょう。

- ① 荷物の大きさが130cmであるときの料金を求めましょう。
- ② 1500円以下で送ることができる荷物の大きさは、最大で何cmですか。
- ③ 荷物の大きさが160cm以下であるとき、料金は荷物の大きさの関数といえますか。その理由も答えましょう。

- WDMML (World Digital Mathematical Library)

- Project Euclid

- EuDML (2011～)

- 低解像度対応

- タイプ印刷

- 複雑な表、罫線

- 複雑な行列

- 写像図式

- レイアウト解析

- 図の理解 ----- 図の要素分解(触読図、本文とのリンク)

- 化学式の認識

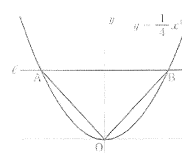
5 右の図のように、関数 $y = \frac{1}{4}x^2$ のグラフと、 x 軸に平行な直線 ℓ があり、その交点を A、B とします。

$\triangle AOB$ について、次の問いに答えなさい。

(1) 線分 AB の長さが 8 のとき、 $\triangle AOB$

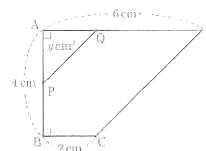
の面積を求めなさい。

(2) 直線 ℓ の式が $y = 6$ であるとき、 $\triangle AOB$ の面積を求めなさい。



6 右の図の台形 ABCD で、2 点 P、Q は A を同時に出発し、それぞれ秒速 1 cm で、点 P は B を通って C まで、点 Q は D まで動きます。

2 点が A を出発してから x 秒後に、台形を線分 PQ が分けてできる図形のうち、A をふくむ図形の面積を $y \text{ cm}^2$ とします。次の問いに答えなさい。



Problems

- WDMML (World Digital Mathematical Library)

- Project Euclid, NUMDAM, etc.

- EuDML (2011～)

- 低解像度対応

- タイプ印刷

- 複雑な表、罫線が省略された表 [PDF](#)

- 複雑な行列 [PDF](#)

- 写像図式 [PDF](#)

- レイアウト解析

- 図の理解 ----- 図の要素分解(触読図、本文とのリンク)

- 化学式の認識 ----- JSTの育成研究(道半ばで終了)

Section 4

Accessibility支援

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

71

Accessibility支援

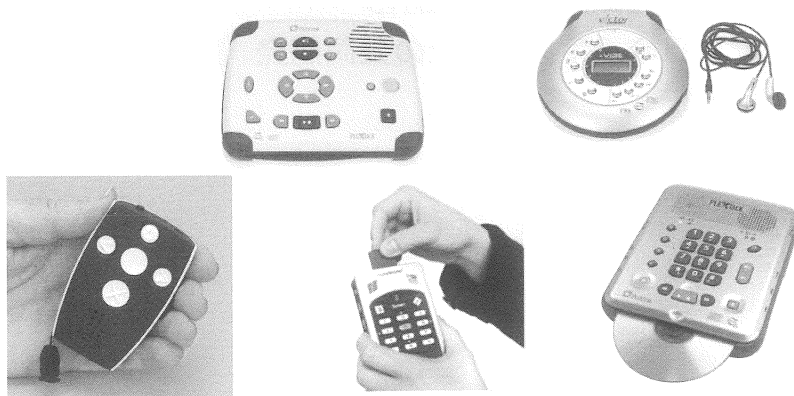
- 理系文書の点訳システム開発
 - 数式を含む文書用の点訳プログラムと点字編集システム
 - 触読図作成システム …… 現在開発中
- 点字科学ライブラリー
 - 次回の科学ヘジャンプ・サマーキャンプ(2014)に向けて準備
- マルチメディアDAISY教科書製作
 - 現在、sAccessNet の主要な活動の一つ

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

72

DAISYとは？

- DAISY: Digital Accessible Information SYstemの略
- 視覚障害者や発達障害者（ディスレクシア）など、印刷物を読むことが困難な人々のためのアクセシブルなデジタルコンテンツの国際標準規格
- DAISY4 で EPUB3 と融合

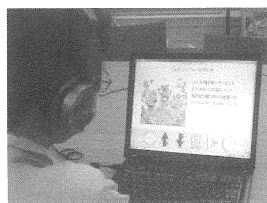


耳で読む：各国で発売しているDAISY規格録音図書用プレーヤーの数々

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

73

マルチメディア DAISY



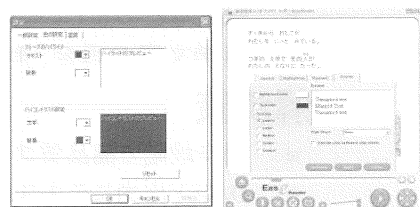
誰でも使えるマルチメディア電子図書
音声・文字・画像が楽しめる



やさしいユーザーインターフェース
タッチパネル、PDA等でも



カラオケのように音声に合わせてフレーズを
ハイライト：ディスレクシア、ADHD等に効果



個人差が大きい字の大きさと
配色にきめ細かく対応

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

74

マルチメディアDAISY教材製作システム開発

- InftyReader+ChattyInfty+AI-Talk
=マルチメディアDAISY製作システム
 - 開発期間:2011～2013
 - 日本点字図書館との共同開発
- Demo

DAISYコンテンツ製作上の課題

- **海外ではテキストDAISYが主流**
 - 欧文ではテキスト→スピーチに読み上げの曖昧さが少ない
 - 日本語の読み上げが不正確
 - 音声合成エンジン毎に読み誤り方が異なる
- **人の声による吹き込み**
 - 読み上げ方が人により異なる
 - 数式などの正しい読み上げが困難
 - 科学文書の場合、声に感情が入らない方がよい
- **解決策**
 - 制作段階で高品質の音声合成エンジンを用い読み上げを修正
 - DAISY出力にテキストと修正された音声出力を含める
 - DAISY端末の性能に依存しない高品質の読み上げが可能

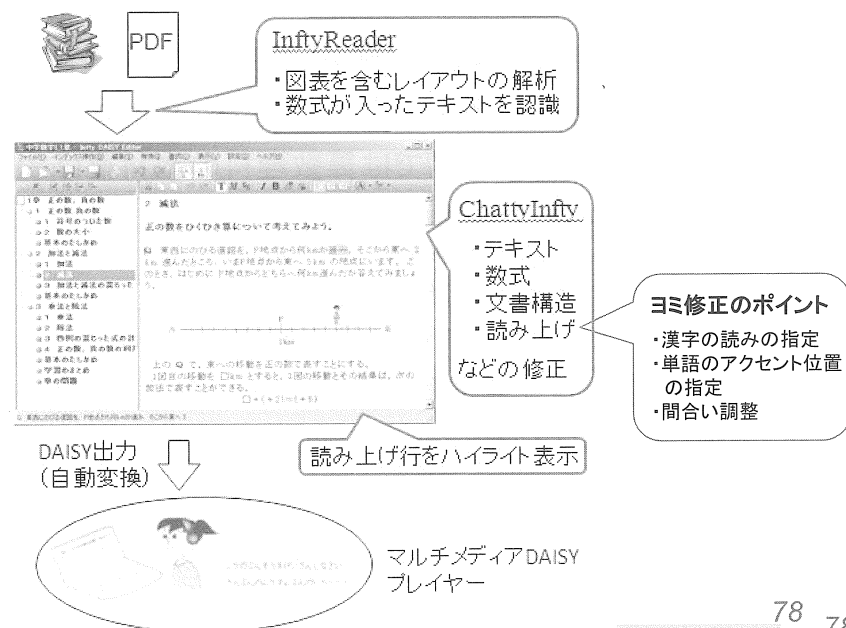
マルチメディアDAISY教材製作システム開発

- 今回の開発システム(日本点字図書館との協働)
 - InftyReader+ChattyInfty+AI-Talk
=マルチメディアDAISY制作システム
 - AI-Talk : 人の声に近い高品質の音声合成エンジン
 - 編集後ワンクリックでマルチメディアDAISY・EPUB3 出力
- 数式読み上げの標準化
 - 専門委員会(日本点字図書館)
 - 全盲用と弱視・読字障害用
 - 算数用と中学・高校用、大学用

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

77

DAISYコンテンツ編集画面



78 78

読みの修正

音声合成が「負の数」を「マケのカズ」と読んでしまう所を「ふのすう」と修正している画面



（負の数）×（正の数）では、絶対値の積に負の符号をつけます。」

（-）×（+）→（-）」

（負の数）×（負の数）

問1 次の計算をしなさい

- ① $(-6) \times (+5)$ さい
- ② $(-2) \times (+8)$ さい
- ③ $(-7) \times (+2)$ さい
- ④ $(-8) \times (-4)$ さい
- ⑤ $(-12) \times (-5)$ さい
- ⑥ $(-3) \times 0$ さい

読み設定	
読みID	ふ
文字	負
「読み」のアクセント制御記号は下記の記号を使います。 アクセント移動記号：全角アポストロフ「」 アクセント句読点：全角アンダーライン「_」	

Demo

マルチメディアDAISY教科書製作

- 初等・中等教育の検定教科書は現在1,621冊
 - DAISY教科書があるのは123冊（2012年現在）
 - 2011年春の段階では算数理科の教科書は2冊のみ
 - サクセスネット&日本点字図書館で
 - ・2011年度4冊作成
 - ・2012年度20冊作成
 - ・2013年度16+13=29冊作成中
- 製作ボランティア育成講習会（2012.11月）
 - 東京・・・13名
 - 福岡・・・8名

Section 5

コミュニティ育成

特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット <http://www.sciaccess.net>

81

視覚障害のある生徒達のための 科学ヘジャンプ・サマーキャンプ

・対象：中学生・高校生

- ・2008/8/22-25, 東京(新宿) 参加生徒18名
- ・2010/8/20-23, 阿蘇高原 参加生徒30名
- ・2011/8/19-22, 東京(新宿) 参加生徒18名
- ・2012/8/20-24, 茨城(守谷) 参加生徒15名
- ・ICC camp EU 参加助成 生徒3名+引率1名
- ・2014/8/12-15, 茨城(守谷), 参加生徒?名

(2010・2011はJSTの助成により、
ISITと共催)

Photo

Jump to Science Summer Camp

Conclusion

- InftyProject と sAccessNet の活動紹介
 - 数学的コンテンツの電子化やアクセシビリティに関する Infty システム開発の現状を紹介
- InftyReader の認識アルゴリズム紹介
 - 数式を含む文書認識は何処が難しいのか？
- 現在取り組んでいる課題
 - 認識システムの課題
 - 教材・教科書アクセシビリティ支援の活動
 - 視覚障害学生コミュニティ育成

“INFTY” *mathematical information processing system*

Thanks you!

Masakazu Suzuki
Science Accessibility Net.
E-mail: msuzuki@kyudai.jp
<http://www.inftyproject.org/suzuki/>

InftyProject: <http://www.inftyproject.org>
Science Accessibility Net: <http://www.sciaccess.net>