

東京大学史料編纂所  
前近代日本史情報国際センター・画像史料解析センター共同研究会  
2020年10月12日(月)

# 史料紙研究の最新手法と成果

渋谷 紗子

(前近代日本史情報国際センター)

Ayako Shibutani: New Approach to Japanese Historical Materials  
and the Current Results

<[https://github.com/ashibuta/HI-CDPS\\_MTG20201012.git](https://github.com/ashibuta/HI-CDPS_MTG20201012.git)>で  
スライド資料を公開しています



しぶ たに あや こ  
渋谷 紗子

### 出身地

- 千葉県生まれ
- 大阪府(河内)育ち

### 学歴

- 関西大学文学部(学士)
- 関西大学大学院(文学修士)
- 英国University of Bradford(MSc.)
- 総合研究大学院大学(博士(文学), 2010.3)



### 研究テーマ

- 料紙の自然科学的研究
- 先史時代人の植物食文化と健康状態の復元

### 専門分野

- 考古科学
- 文化財科学

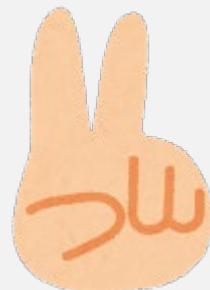
### 職歴(概略)

- 関西大学第一高等学校非常勤講師
- 広島大学総合博物館学芸職員
- 国立歴史民俗博物館特任助教
- 東京大学総合研究博物館特任研究員
- 東京大学史料編纂所特任助教

# 今日のお話



考古学・植物学的方法を応用した料紙研究  
—なにを？どうやって？



2018・2019年度研究の概要  
—松尾大社社蔵史料と陽明文庫所蔵史料



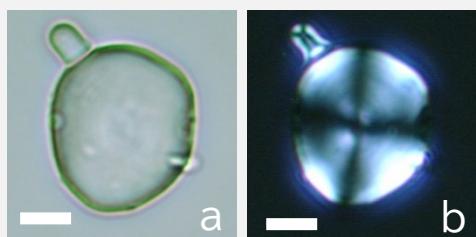
料紙研究のオープンサイエンス  
—データの可視化・共有化から国際標準化へ

# 私は残存デンプン粒分析の専門家です

遺跡の土や遺物の表面からデンプン粒を見つけ、過去の植生や人間の植物利用を復元する分析

- 海外では1976年から開始
- 2004年に日本考古学へ導入、日本で分析を担う唯二の1人

石器



同定不明 &  
ウバユリ属

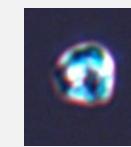
付着物は環境を探る手がかり  
「植物を加工した」

人骨の歯石

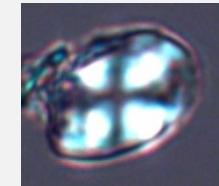


中国の遺跡(約7500~4000年前)から出土した人骨の歯

穀物や堅果類を食べた

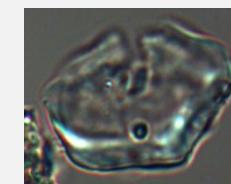


イネ属

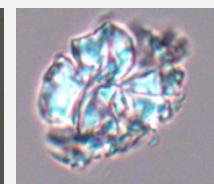


コナラ属

加熱調理した植物を食べた



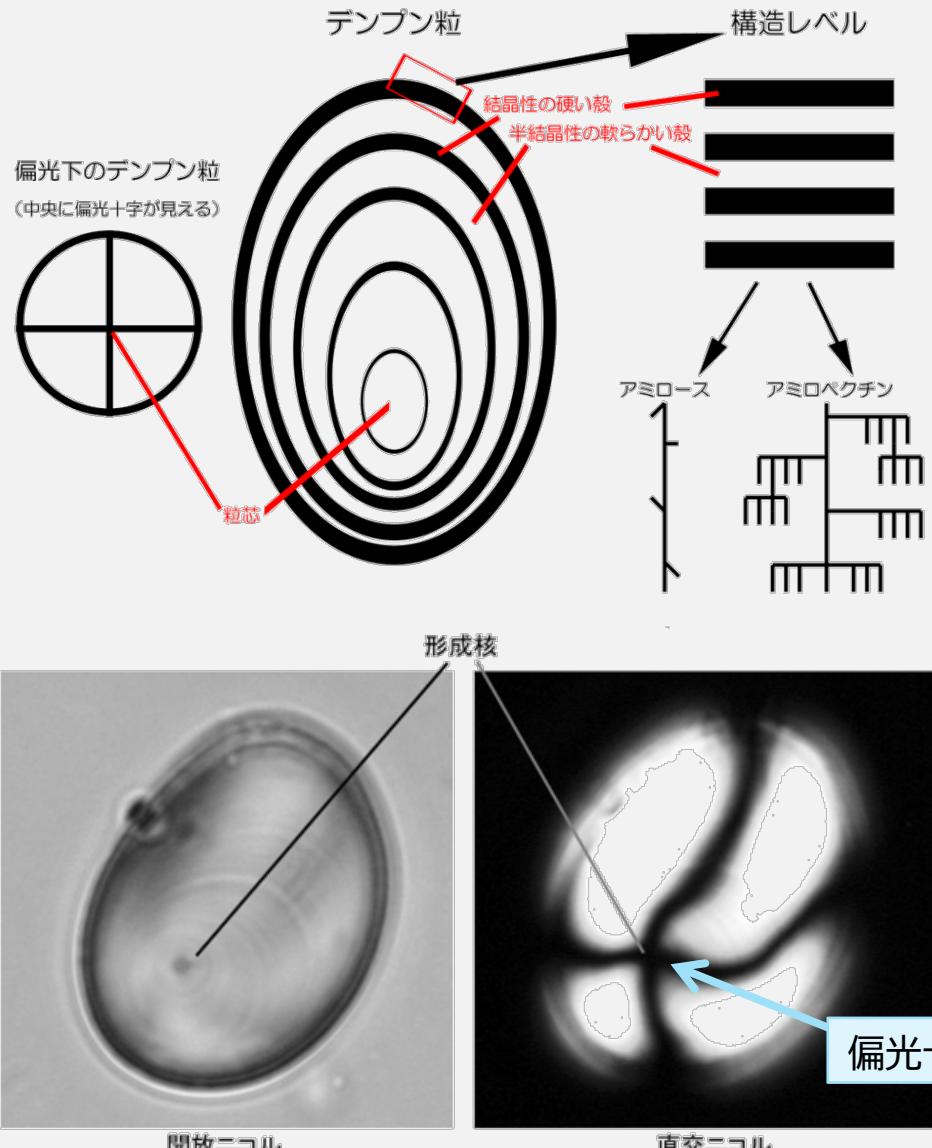
膨張



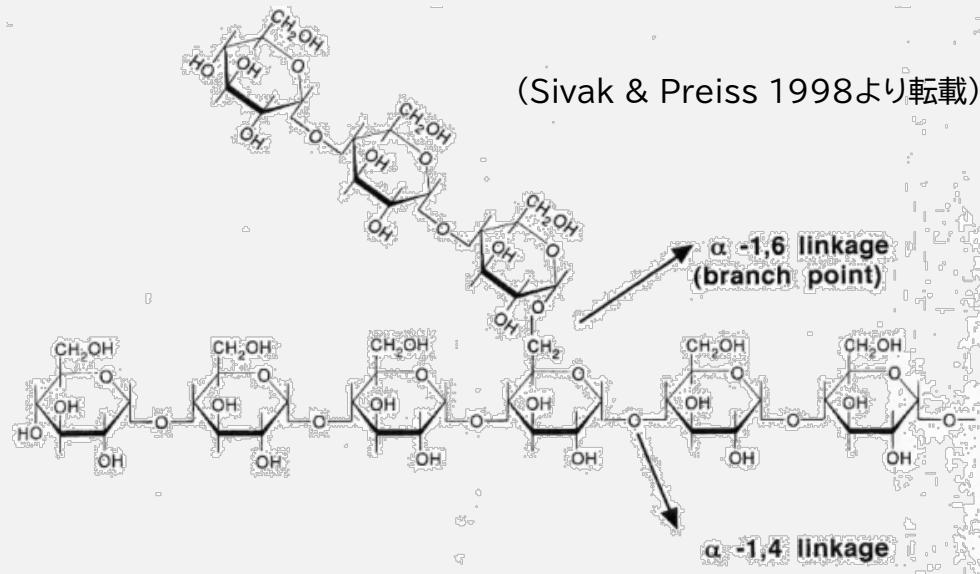
破碎

古代人の歯石はタイムカプセル  
「植物を食べていた」

# デンプン粒の特徴



\*開放／直交ニコルは顕微鏡による撮影方法



- 高等植物の種子や果実, 茎(幹), 葉, 根などに貯蔵
- 植物のエネルギー源, 安定した化学構造をもつ
- 植物種によって形態がちがう
- 品種による形態の差異はない
- 最小は約1  $\mu\text{m}$  (1/1000mm)
- どのような環境でも何千年もの間残る →だから考古学で利用

# 種(species)とは

生物の分類体系



理科のヨウ素反応実験で使われるジャガイモは



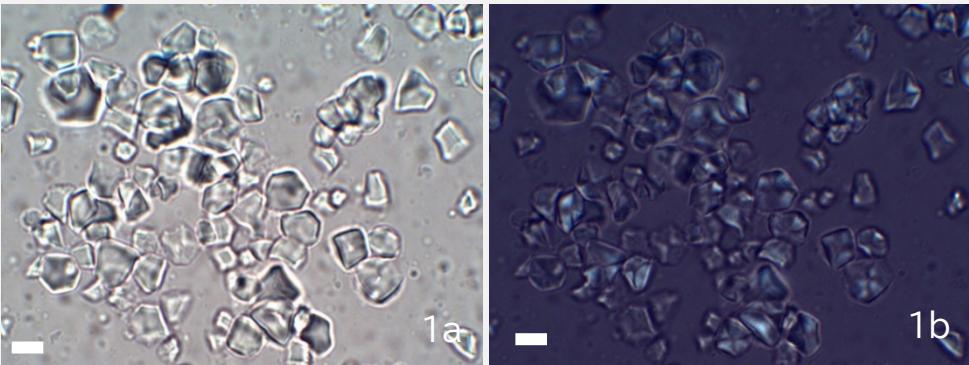
界:植物界 Plantae  
被子植物 Angiosperms  
真正双子葉類 Eudicots  
キク類 Asterids  
目:ナス目 Solanales  
科:ナス科 Solanaceae  
属:ナス属 Solanum  
種:ジャガイモ *Solanum tuberosum* L.

植物の種によってちがう = 最小の分類レベルでちがう

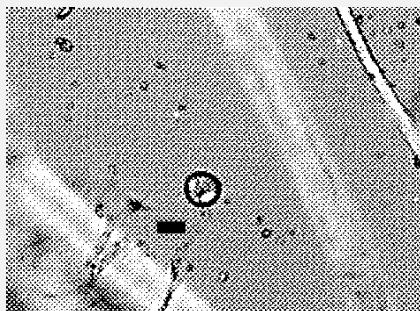
\* 品種は種のバリエーションです

# 料紙のデンプン粒の候補

イネ(1000倍;スケールバーは5 μm)



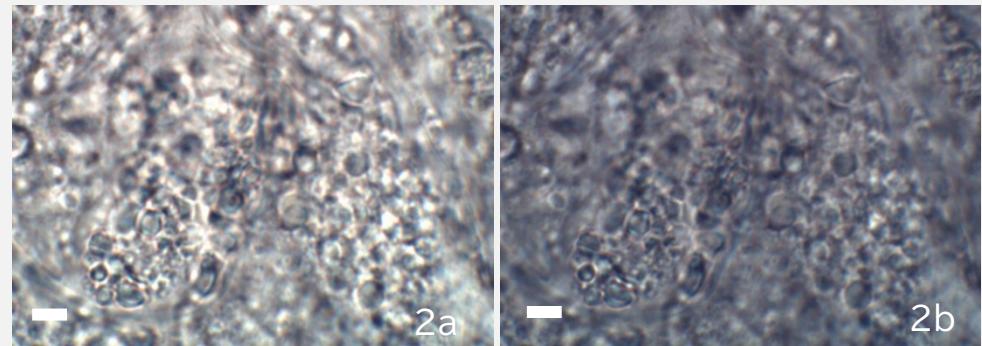
トロロアオイ



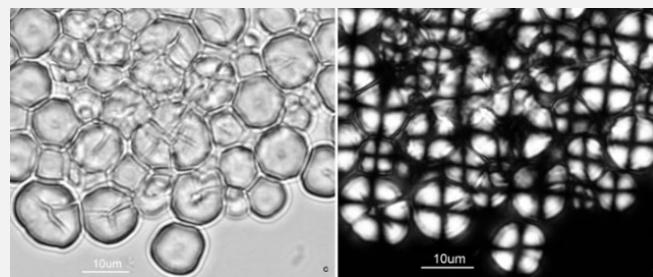
稻葉政満. 2002.「紙」『文化財のための保存科学入門』(京都造形芸術大学編), (株)飛鳥企画. 写真1より転載.  
スケールバーは10 μm

トロロアオイ以外はすべてOlympus BX53-33Z(簡易偏光装置付)で撮影  
a:開放ニコル, b:直交ニコル

ダイズ(1000倍;スケールバーは5 μm)



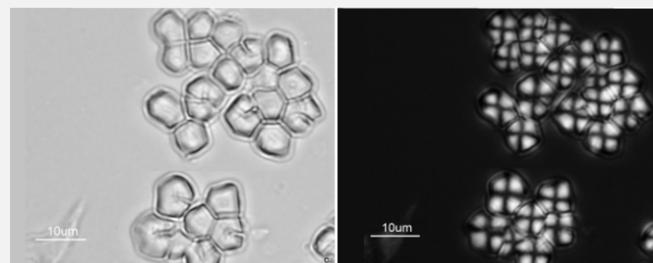
イネ以外の例:ヒエ



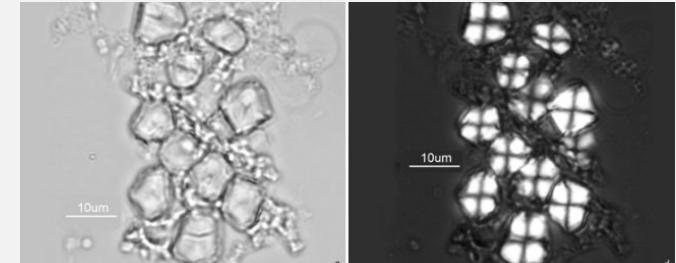
大橋有佳氏(元興寺文化財研究所)によるラマン分光分析では、豆糊はダイズの可能性が指摘される

ヒエ, アワ, キビは400倍  
スケールバーは10 μm

イネ以外の例:キビ



イネ以外の例:アワ



# 既存の料紙研究における課題

## (1) 研究者の経験則による報告が多い

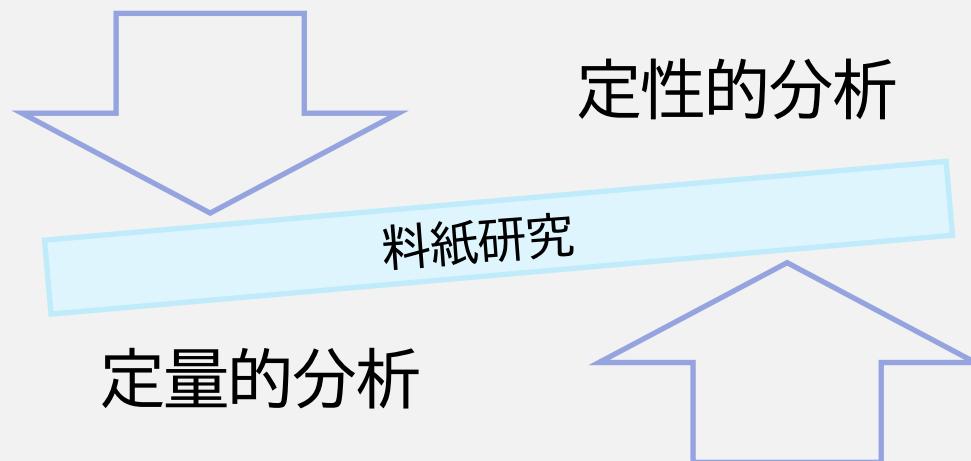
- 既存の顕微鏡撮影では撮影箇所の表記無し
- 画像にスケールを入れることが少ない

} 第三者の再検証が困難  
(再現性が担保されない)

## (2) 植物学的・鉱物学的な検討結果が提示されていない

- 「米粉の粒子あり」と報告 → イネ以外は存在しない?
- 炭酸カルシウム, カオリンなどの記載なし → 鉱物学的検討はしない?

## (3) 分析データの数値化・共有化が行われていない



車の両輪のように  
両方が必要ではないか？



私の強み

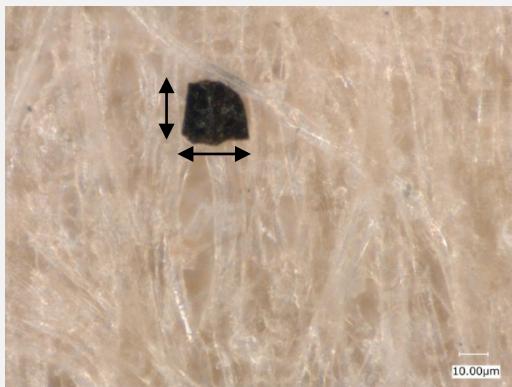
# 考古学・植物学の方法論を使おう

基盤にする考え方

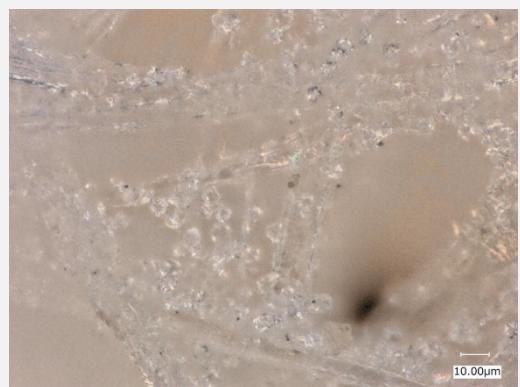
モノから歴史を考える  
=考古学の手法

植物から環境を考える  
=植物学の手法

## 2. 構成物の数値化→客観性・再現性確保

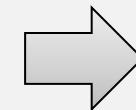


サイズの計測



含有量の計数

## 1. 植物性物質の同定



デンプン粒からイネと  
同定(米粉と確定)

## 3. 分析データの共有・公開

紙分析データ													
分析番号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	資料番号	資料名	資料番号1	資料番号2	発掘	測定	用日	標準No.	写真ファイル名	標準	測定範囲X (cm)	測定範囲Y (cm)	測定範囲Z (cm)
2	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	1	300x1	300	3		
3	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	2	190x2	190	3		
4	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	2	600x2	600	3		
5	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	3	190x3	190	7		
6	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	3	300x3	300	7		
7	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	4	190x4	190	15.6		
8	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	5	190x5	190	15.6		
9	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	6	190x6	190	15.6		
10	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	6	300x6	300	3.5		
11	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	6	300x6	300	3.5		
12	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	6	100x6	100	8.6		
13	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	7	190x7	190	28.8		
14	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	8	190x8	190	25.5		
15	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	9	190x9	190	15.6		
16	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	10	190x10	190	21		
17	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	10	290x10	290	21		
18	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	10	500x10	500	21		
19	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	11	190x11	190	3.5		
20	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	11	290x11	290	3.5		
21	H-63-415-10	後小切天茎縦薄	真根部表面が黄色い黄色縫隙 (H-63-1)	直根部中央付近に六角形縫隙 (H-63-2)	芯丸10	1411	0730	12	190x12	190	3.5		

# プロジェクトメンバー

石川隆二  
作物育種学



高島晶彦  
古文書・歴史資料の修理



後藤真  
人文情報学



小倉慈司  
日本古代史, 史料学



天野真志  
日本近世・近代史, 資料保存



野村朋弘  
日本史



山田太造  
データ工学



尾上陽介  
日本古代史



科研費基盤研究(A) 「『国際古文書料紙学』の確立」(2019~2022年度)  
科研費挑戦的研究(萌芽)「前近代の和紙の混入物分析にもとづく『古文書科学』の  
可能性探索」(2018~2020年度)

# 国際共同研究メンバー



鍾國芳 Dr. Kuo-Fang Chung

- ・台湾・中央研究院生物多样性研究中心(Museum Director/Associate Research Fellow)
- ・植物分類学, 生物地理学
- ・2019年11月23日に料紙国際シンポジウムへ招聘
- ・2020年度～ カジノキ類の遺伝資源調査  
Chung, 国府方吾郎(国立科学博物館), 石川, 渋谷



SEE COMMENTARY

## A holistic picture of Austronesian migrations revealed by phylogeography of Pacific paper mulberry

Chi-Shan Chang (張至善)<sup>a,1</sup>, Hsiao-Lei Liu (劉筱蕾)<sup>b,1</sup>, Ximena Moncada<sup>c</sup>, Andrea Seelenfreund<sup>d</sup>, Daniela Seelenfreund<sup>e</sup>, and Kuo-Fang Chung (鍾國芳)<sup>b,2</sup>

<sup>a</sup>Department of Natural Resources and Environmental Studies, National Dong Hwa University, Shoufeng, Hualien 97401, Taiwan; <sup>b</sup>School of Forestry and Resource Conservation, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan; <sup>c</sup>Centro de Estudios de Zonas Áridas (CEAZA), La Serena 1720170, Chile;

<sup>d</sup>Escuela de Antropología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Academia de Humanismo Cristiano, Santiago 7500828, Chile; and <sup>e</sup>Department of Biochemistry and Molecular Biology, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile, Santiago 8380494, Chile

Edited by Patrick V. Kirch, University of California, Berkeley, CA, and approved September 10, 2015 (received for review February 15, 2015)

# やったこと(1) 分析項目と基準を確定

## 史料の基本情報と顕微鏡撮影の情報

ID	Catalogue number (Barcode)	Resource name	Photo folder 1	Photo folder 2	Photo name	Shooting date	Collection name 1	Collection name 2	Resource year (AD)	Resource name (Japanese)	Resource year (AD)	Resource name (Japanese)	Quantity	Materia	Equipment	Magnificatio	Light (IR)	Other
132(129)-38720	近文書久須原	132(129)sakihisa_38720	1	132(129)sakihisa_38720	sakihisa38720-1	2019/6/24	高の文庫	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1通	コフジ	Dive-Reflex D (H 220 下面鏡) セット、反射鏡、遮光板、遮光筒、遮光鏡、遮光ビント	T	Blu	
140	近文書久須原	132(129)sakihisa_38720	2	132(129)sakihisa_38720	sakihisa38720-2	2019/6/24	高の文庫	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1通	コフジ	Dive-Reflex D (H 220 下面鏡) セット、反射鏡、遮光板、遮光筒、遮光鏡、遮光ビント	T	Se	
150	近文書久須原	132(129)-38720	3	132(129)sakihisa_38720	sakihisa38720-3	2019/6/24	高の文庫	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1通	コフジ	Dive-Reflex D (H 220 下面鏡) セット、反射鏡、遮光板、遮光筒、遮光鏡、遮光ビント	T	Se	
151	近文書久須原	132(129)-38720	4	132(129)sakihisa_38720	sakihisa38720-4	2019/6/24	高の文庫	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1通	コフジ	Dive-Reflex D (H 220 下面鏡) セット、反射鏡、遮光板、遮光筒、遮光鏡、遮光ビント	T	Se	
152	近文書久須原	132(129)-38720	5	132(129)sakihisa_38720	sakihisa38720-5	2019/6/24	高の文庫	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1通	コフジ	Dive-Reflex D (H 200 下面鏡) セット、反射鏡、遮光板、遮光筒、遮光鏡、遮光ビント	T	Blu	
153	近文書久須原	132(129)-38720	6	132(129)sakihisa_38720	sakihisa38720-6	2019/6/24	高の文庫	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1通	コフジ	Dive-Reflex D (H 220 下面鏡) セット、反射鏡、遮光板、遮光筒、遮光鏡、遮光ビント	T	Se	
154	近文書久須原	132(129)-38721	1	132(129)sakihisa_38721	sakihisa38721-1	2019/6/24	高の文庫	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1通	コフジ	Dive-Reflex D (H 220 下面鏡) セット、反射鏡、遮光板、遮光筒、遮光鏡、遮光ビント	T	Se	
155	近文書久須原	132(129)-38721	2	132(129)sakihisa_38721	sakihisa38721-2	2019/6/24	高の文庫	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1通	コフジ	Dive-Reflex D (H 220 下面鏡) セット、反射鏡、遮光板、遮光筒、遮光鏡、遮光ビント	T	Se	
156	近文書久須原	132(129)-38721	3	132(129)sakihisa_38721	sakihisa38721-3	2019/6/24	高の文庫	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1通	コフジ	Dive-Reflex D (H 220 下面鏡) セット、反射鏡、遮光板、遮光筒、遮光鏡、遮光ビント	T	Blu	
157	近文書久須原	132(129)-38721	4	132(129)sakihisa_38721	sakihisa38721-4	2019/6/24	高の文庫	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1通	コフジ	Dive-Reflex D (H 220 下面鏡) セット、反射鏡、遮光板、遮光筒、遮光鏡、遮光ビント	T	Se	

## 構成物の情報

ID	Catalogue number (Barcode)	Resource name	Photo name	Component outline	Composers total	Component total 2	Paper length (cm)	Paper width (cm)	Paper weight (g)	Area (cm <sup>2</sup> )	Quantity/Area	Quantity/Area × total	MR/AN Quantity/Area	Starch-quantity (grain)	Starch-quantity (grain) total	Starch-quantity / Area
1	伊豆古文書	date391-1	伊豆古文書1	デンブン	15	42	62.2	19.65	2612.40	0.0557				0		
2	伊豆古文書	date391-2	伊豆古文書2	デンブン	18	42	62.2	19.65	2612.40	0.0569			3			
3	伊豆古文書	date391-3	伊豆古文書3	デンブン	34	42	62.2	19.65	2612.40	0.0791			11			
4	伊豆古文書	date391-4	伊豆古文書4	デンブン	29	42	62.2	19.65	2612.40	0.1111			8			
5	伊豆古文書	date391-5	伊豆古文書5	デンブン	21	42	62.2	19.65	2612.40	0.0531			0			
6	伊豆古文書	date391-6	伊豆古文書6	デンブン	19	42	62.2	19.65	2612.40	0.0536			0			
7	伊豆古文書	date391-7	伊豆古文書7	デンブン	22	193	42	62.2	19.65	2612.40	0.0381	0.0570	0.0204	0	28	
8	伊豆古文書	date392-1	伊豆古文書8	5	42	62.2	19.65	2612.40	0.0542				0			
9	伊豆古文書	date392-2	伊豆古文書9	5	42	62.2	19.65	2612.40	0.0540				0			
10	伊豆古文書	date392-3	伊豆古文書10	5	42	62.2	19.65	2612.40	0.0539				0			
11	伊豆古文書	date392-4	伊豆古文書11	5	42	62.2	19.65	2612.40	0.0537				0			
12	伊豆古文書	date392-5	伊豆古文書12	5	42	62.2	19.65	2612.40	0.0535				0			
13	伊豆古文書	date392-6	伊豆古文書13	5	42	62.2	19.65	2612.40	0.0530				0			
14	伊豆古文書	date392-7	伊豆古文書14	5	42	62.2	19.65	2612.40	0.0534				0			
15	伊豆古文書	date392-8	伊豆古文書15	15	62	42.2	19.65	2612.40	0.0557	0.0234	0.0033	0	0			
16	伊豆古文書	date393-1	伊豆古文書16	デンブン	15	37.1	58.9	14.41	2014.53	0.0784			0			
17	伊豆古文書	date393-2	伊豆古文書17	デンブン	21	37.1	58.9	14.41	2014.53	0.0743			0			
18	伊豆古文書	date393-3	伊豆古文書18	デンブン	15	37.1	58.9	14.41	2014.53	0.0784			0			
19	伊豆古文書	date393-4	伊豆古文書19	デンブン	15	37.1	58.9	14.41	2014.53	0.0784			0			
20	伊豆古文書	date393-5	伊豆古文書20	デンブン	27	37.1	58.9	14.41	2014.53	0.0784			0			
21	伊豆古文書	date393-6	伊豆古文書21	デンブン	10	125	37.1	58.9	14.41	2014.53	0.0149	0.0620	0.0103	5	5	
22	伊豆古文書	date394-1	伊豆古文書22	デンブン	11	37.1	58.9	14.41	2014.53	0.0155			0			
23	伊豆古文書	date394-2	伊豆古文書23	デンブン	13	37.1	58.9	14.41	2014.53	0.0146			0			
24	伊豆古文書	date394-3	伊豆古文書24	デンブン	8	37.1	58.9	14.41	2014.53	0.0541			0			
25	伊豆古文書	date394-4	伊豆古文書25	デンブン	16	37.1	58.9	14.41	2014.53	0.0589			0			
26	伊豆古文書	date394-5	伊豆古文書26	デンブン	23	37.1	58.9	14.41	2014.53	0.0519			0			
27	伊豆古文書	date394-6	伊豆古文書27	デンブン	13	84	53.1	12.73	1991.25	0.0665	0.0422	0.0070	0	0		
28	伊豆古文書	date394-7	伊豆古文書28	デンブン	27	37.1	58.9	14.41	2014.53	0.0509			0			
29	伊豆古文書	date396-2	伊豆古文書29	デンブン	15	37.1	53.3	17.08	2020.07	0.0774			0			
30	伊豆古文書	date396-3	伊豆古文書30	デンブン	11	37.1	53.3	17.08	2020.07	0.0554			0			
31	伊豆古文書	date396-4	伊豆古文書31	デンブン	21	37.1	53.3	17.08	2020.07	0.0104			0			
32	伊豆古文書	date396-5	伊豆古文書32	デンブン	32	37.1	53.3	17.08	2020.07	0.0585			0			

- ID(研究で使用する個別番号)
- 各所蔵機関での番号
- 史料の名称, コレクション名
- 史料の作成年月日
- 史料点数
- 料紙の素材, 形態情報
- 撮影倍率
- 撮影箇所, 撮影光
- 偏光ポラライザー使用の有無

- 構成物の同定結果
- デンブン粒の有無と植物種
- 他の植物性物質
- 糊痕跡の有無と残留状態

# やったこと(2) 調査方法を統一

## 使用機器



Dino-lite R & D(研究開発)  
セット  
• 拡大倍率20~220倍  
• 偏光ポラライザー付レンズ  
    >>自分のPCIにUSB接続  
顕微鏡用偏光歪検査セット

400倍も導入

## 撮影1) 一紙6~8箇所選択



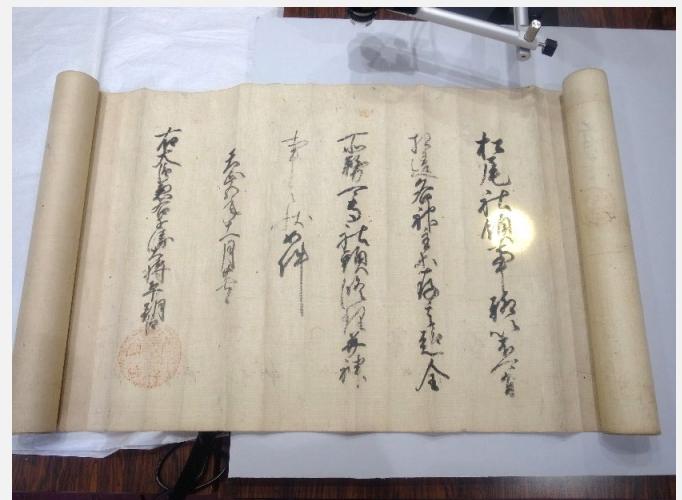
構成物の密度を  
比較(定点計測は  
しない)

## 撮影2) 撮影箇所の数値による記録



一紙の縦横(XY)で記録

## 撮影3) 基本は透過光・偏光を使用

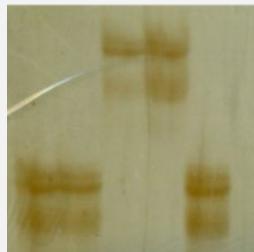


紙にあわせて反射／透過、偏光度を設定

# 今後やること



Tad3  
1 2 3 4 5



DNAバイオマーカー

## 事例数の拡充と分析結果の国際標準化

ID	Catalogue number	Resource name	Photo name	Component outline	Starch-quantity (grain)	Oryza	Cereals	Abelmoschus	Hydrangea	Others	Glue	Minerals
2	uesugi-1	豊臣秀吉朱印状	tayotomi329-4	テンブン粒5墨細粒/無縫・裏3	5	0	0	0	0	5	0	0
3	uesugi-1	豊臣秀吉朱印状	tayotomi329-2	細粒組織透紙16墨細粒2	0	0	0	0	0	0	0	0
4	uesugi-1	豊臣秀吉朱印状	tayotomi329-3	テンブン粒5墨細粒組織透紙	69	69	0	0	0	0	0	0
5	uesugi-1	豊臣秀吉朱印状	tayotomi329-4	テンブン粒45墨細粒/無縫・裏2	45	45	0	0	0	0	0	0
6	uesugi-1	豊臣秀吉朱印状	tayotomi329-5	テンブン粒15墨細粒組織透紙/無縫・裏2	15	15	0	0	0	0	0	0
7	uesugi-1	豊臣秀吉朱印状	tayotomi329-6	細粒組織透紙16墨細粒1・裏2	0	0	0	0	0	0	0	0
8	uesugi-2	豊臣秀吉朱印状	tayotomi330-1	テンブン粒53墨細粒組織透紙7・裏1	53	53	0	0	0	0	0	0
9	uesugi-2	豊臣秀吉朱印状	tayotomi330-2	細粒組織透紙10墨細粒2	0	0	0	0	0	0	0	0
10	uesugi-2	豊臣秀吉朱印状	tayotomi330-3	テンブン粒28墨細粒透紙16	28	28	0	0	0	0	0	0
11	uesugi-2	豊臣秀吉朱印状	tayotomi330-4	細粒組織透紙12・テンブン粒20・紙物2	20	20	0	0	0	0	0	0

Linked Dataや人文情報学的手法を導入

分析結果を情報基盤システムへ入れる

国際的な情報基盤システム

Linked Data

Linked Data

Linked Data

研究成果

出版済データはGitで公開(情報センターへ同時提供)

機関データベース



### The International Plant Names Index

#### About IPNI

The International Plant Names Index (IPNI) is a free online resource that lists names and associated basic information of living land plants, fossils and homonyms. Its goal is to facilitate the easier and more rapid exchange of names for taxa between herbaria and other institutions.

IPNI is a joint product of Royal Botanic Gardens, Kew; Missouri Botanical Garden; and the International Association for Plant Taxonomy and Classification.

#### NEWS

- IPNI now available online.
- From January 2016 onwards, new publications in botanical literature can be found in IPNI with a DOI and a Digital Object Identifier (DOI) or a unique IPNI identifier (IPNI-ID), constituting citations.
- For more details about the new system, please see our frequently asked questions, where detailed entries on IPNI can be found.
- To keep up-to-date with news and developments, many new links have been created from author records to Thelphusia, Phytokeys and other sites.
- Some records now have links to the protologue page in BHL. See an example.

(イメージ画像)



#### Developing A Methodology of Microscopy Analysis to Determine the Origins of Japanese Historical Papers

Agako Shibusaki

National Institute of Japanese Cultural Properties

#### Abstract

This paper discusses the origins of papers composed of Japanese historical materials, focusing on paper composition and impurities. Many previous studies on paleography, history, and the scientific analysis of cultural properties have focused on fiber components, and their distribution or otherwise. However, the paper composition has often been studied by means of microscopy analysis, which is a non-destructive method of examining materials.

As a microscopy study of Japanese historical materials, we examined the use of starch granules to determine the origins of papers from the Edo period (1603–1868). Japanese historical papers were examined through detailed microscopic observations using a high-resolution digital microscope. The starch granules in Japanese historical papers are mainly composed of cellulose and amylose, and they are usually found in rice, globe beans, starch grains, and materials that may have been created by processing techniques such as steaming, boiling, and roasting. Therefore, we used a high-resolution digital microscope to observe the starch granules in Japanese historical papers, and we analyzed the results of the microscopy analysis.

Previous studies have only analyzed the morphological history of Japanese historical materials. Hence, regarding the use of starch granules to determine the origins of papers from the Edo period (1603–1868), detailed microscopic analysis is often required. Indeed, there are many difficulties in determining the origins of Japanese historical papers using microscopy analysis. Therefore, we developed a methodology of microscopy analysis to determine the origins of Japanese historical papers.

As a methodology study of the "Integrated Studies of Cultural and Scientific Resources" (ISCR), which is currently conducted by the National Museum of Japanese History (NMNH), Asuka- no- miya (Japan), in its core research project, this research analyzed Japanese historical papers from the Edo period (1603–1868) using a high-resolution digital microscope. Its findings, if aimed to identify the generation of fibers and mixtures of papers

[<https://hdl.handle.net/2027/fulcrum.zc77sr415>]



(Hi-CAT Plus検索画面)

# 2020年10月までの研究成果

## 松尾大社社蔵史料



国内外の複数学会で  
既報告(高評価)

養和1(1181)～万延1  
(1860)年の史料を調査

63点について、「東京大学史料編纂所紀要」第31号で成果  
の一部を報告(印刷中)

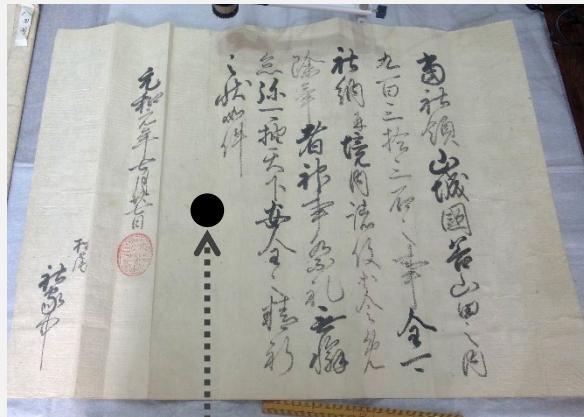
## 陽明文庫所蔵史料



「近衛植家消息」「近衛前久  
消息」「近衛信尹消息」「伊  
達政宗書状」等を調査

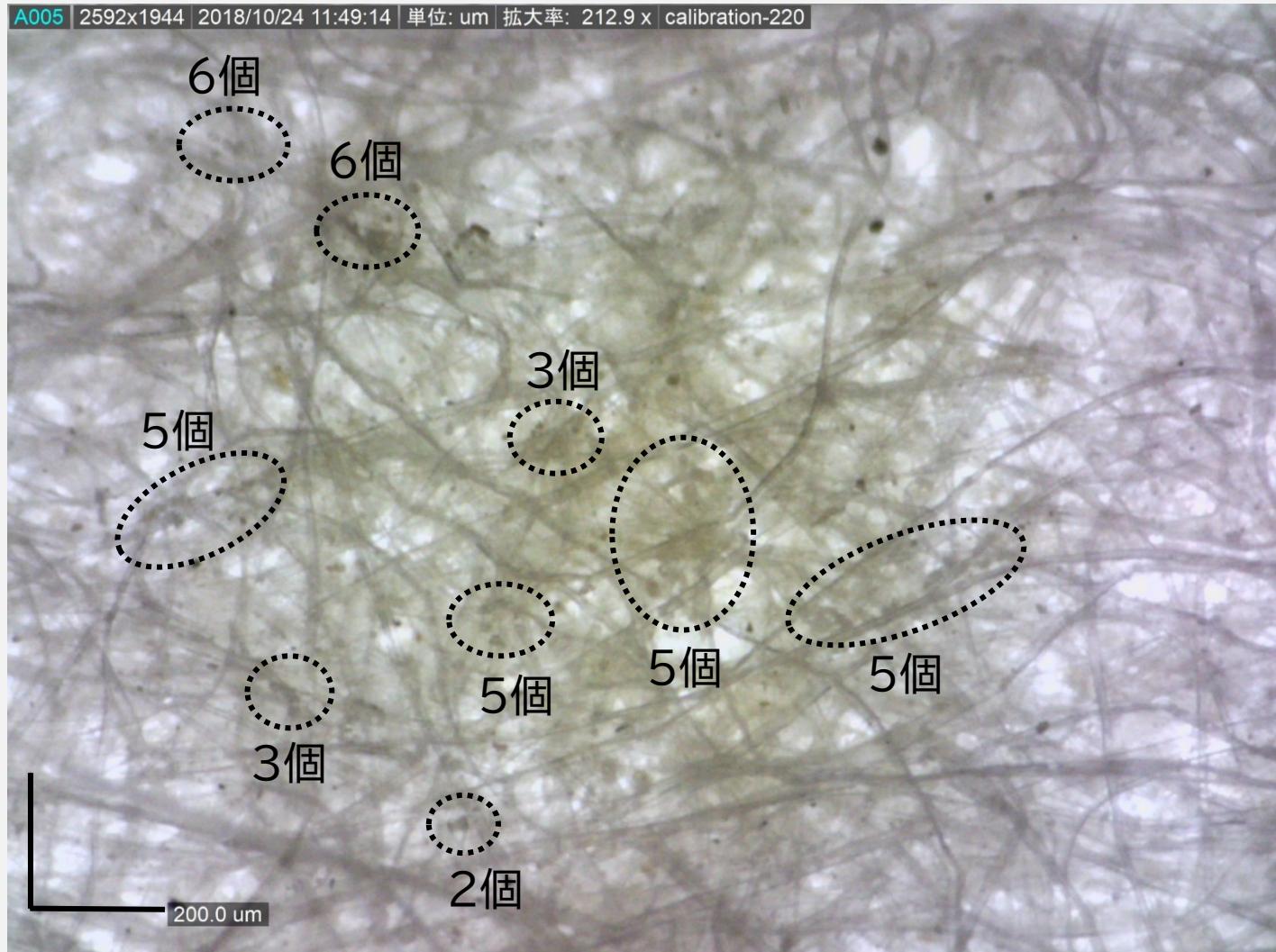
89点について、査読付学術誌  
(国内誌)へ近日中に投稿

# 松尾大社社蔵史料 273「徳川家康朱印状」



撮影箇所:  
左から4.2cm, 上から  
22cm

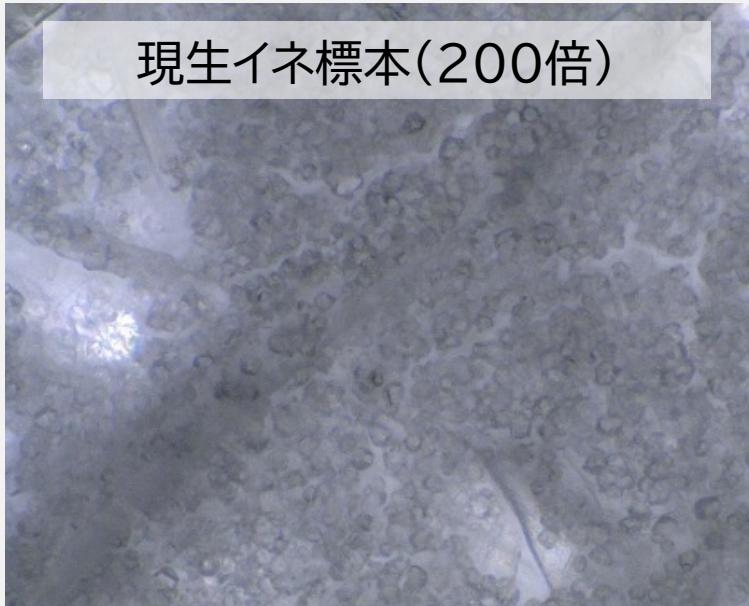
画像内でイネのデンプン粒  
40個(破線内), 細胞組織  
35片, 塵を確認



コウゾ, 透過光で撮影(次のスライドは左下を拡大)

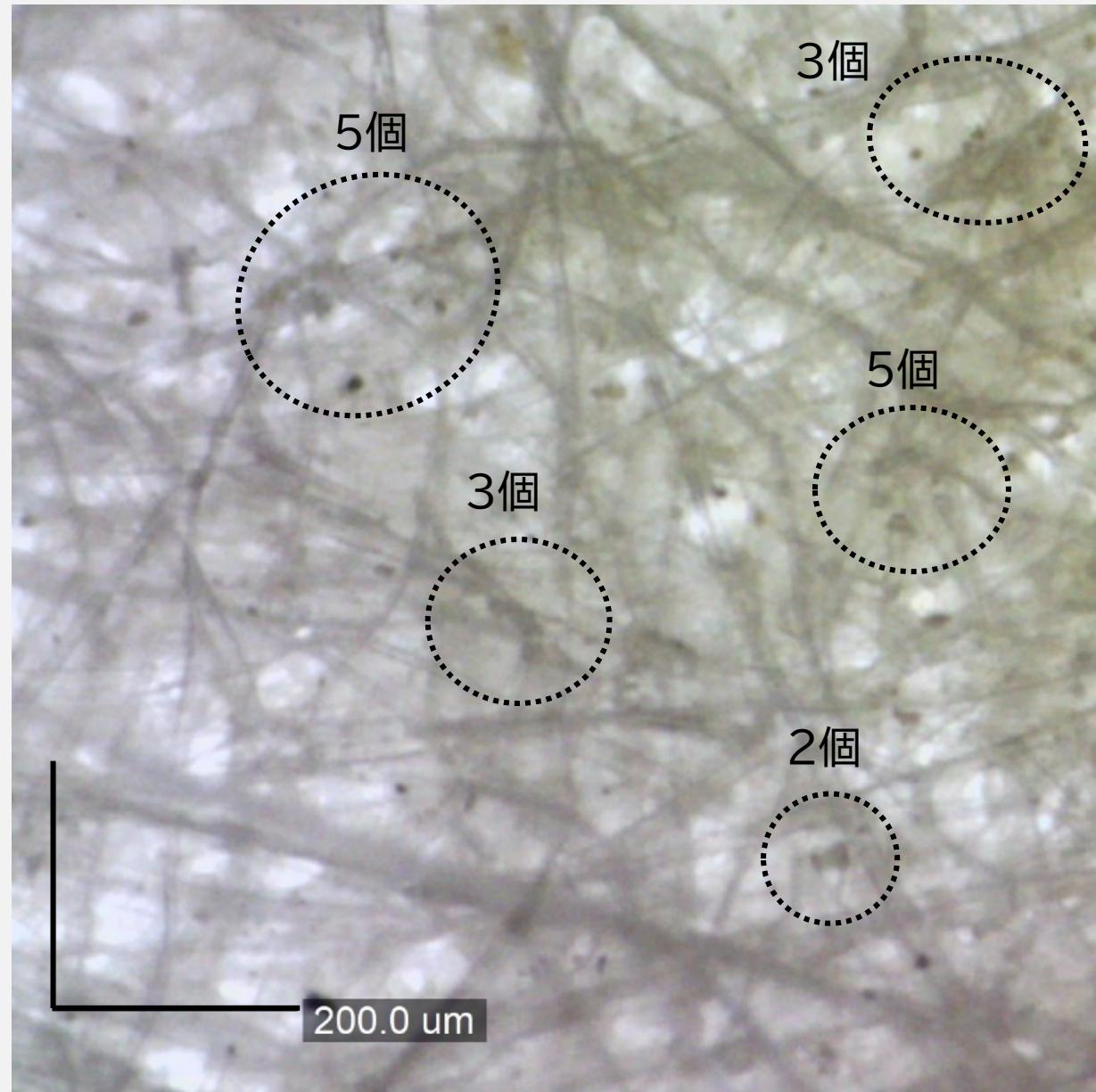
# 料紙のデンプン粒は同定できます

現生イネ標本(200倍)



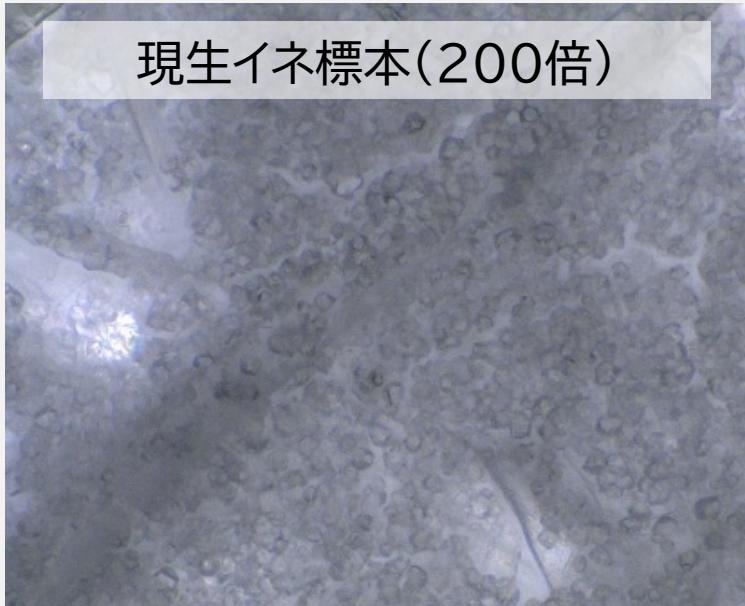
- ・ 同定時は画像を拡大して、縦径・横径を計測
- ・ 偏光十字の確認は困難
- ・ 六角形、粒径範囲 $6.57\sim 9.795\text{ }\mu\text{m}$ 、コウゾ繊維に絡んだ状態

>> イネと同定



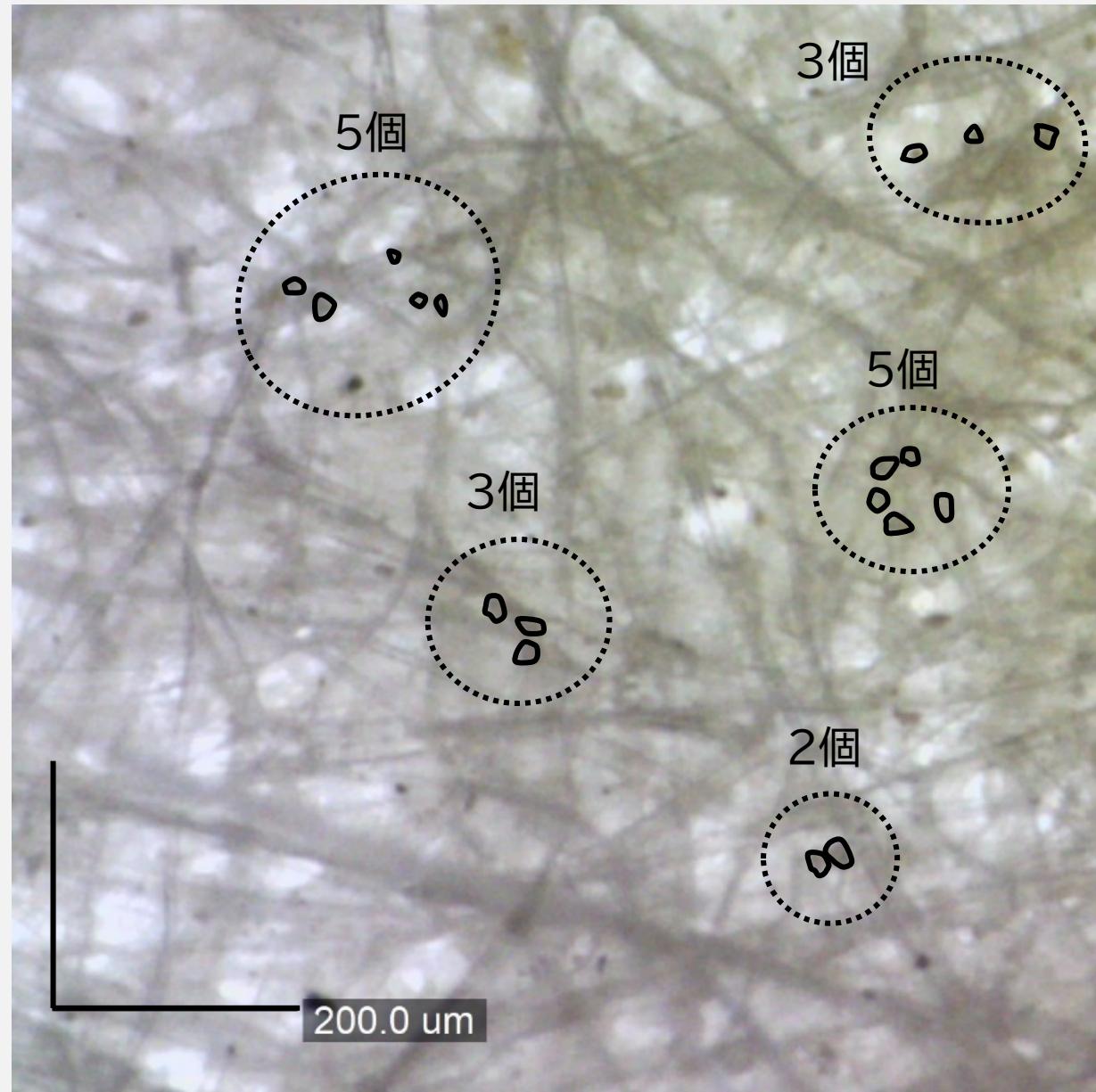
# これらがイネのデンプン粒です

現生イネ標本(200倍)

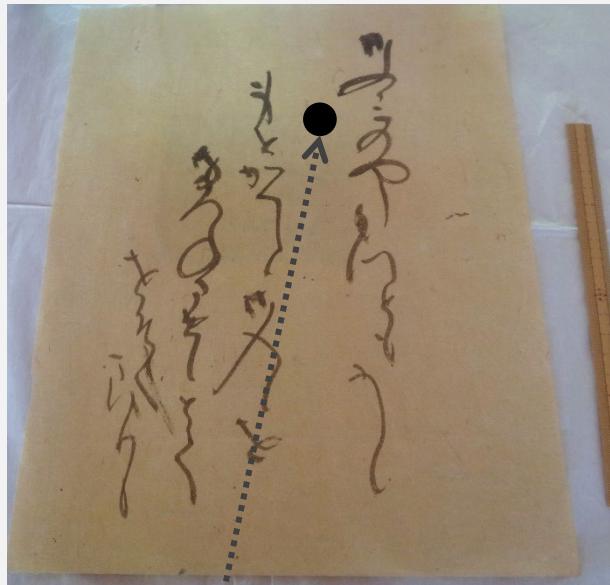


- ・ 同定時は画像を拡大して、縦径・横径を計測
- ・ 偏光十字の確認は困難
- ・ 六角形、粒径範囲 $6.57\sim 9.795\mu\text{m}$ 、コウゾ繊維に絡んだ状態

>> イネと同定

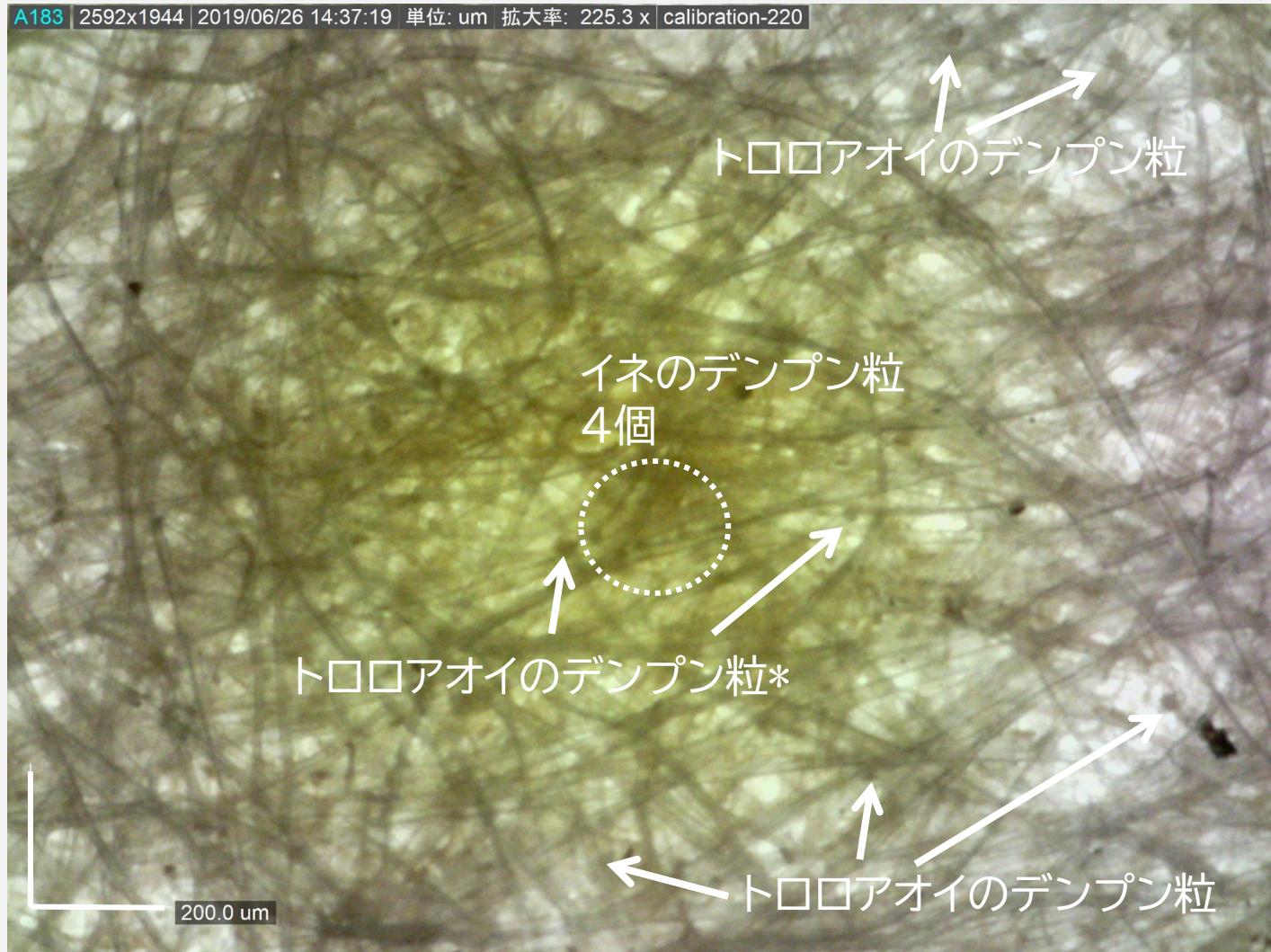


# 陽明文庫所蔵史料 47-2372「近衛信尹消息」



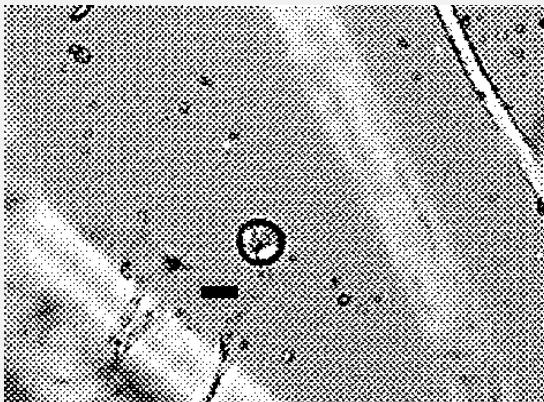
撮影箇所:  
右から11.5cm, 下から  
8.3cm

画像内でイネのデンプン粒  
4 個(破線内), トロロアオ  
イのデンプン粒8 個(矢  
印), 細胞組織断片6 片を  
確認



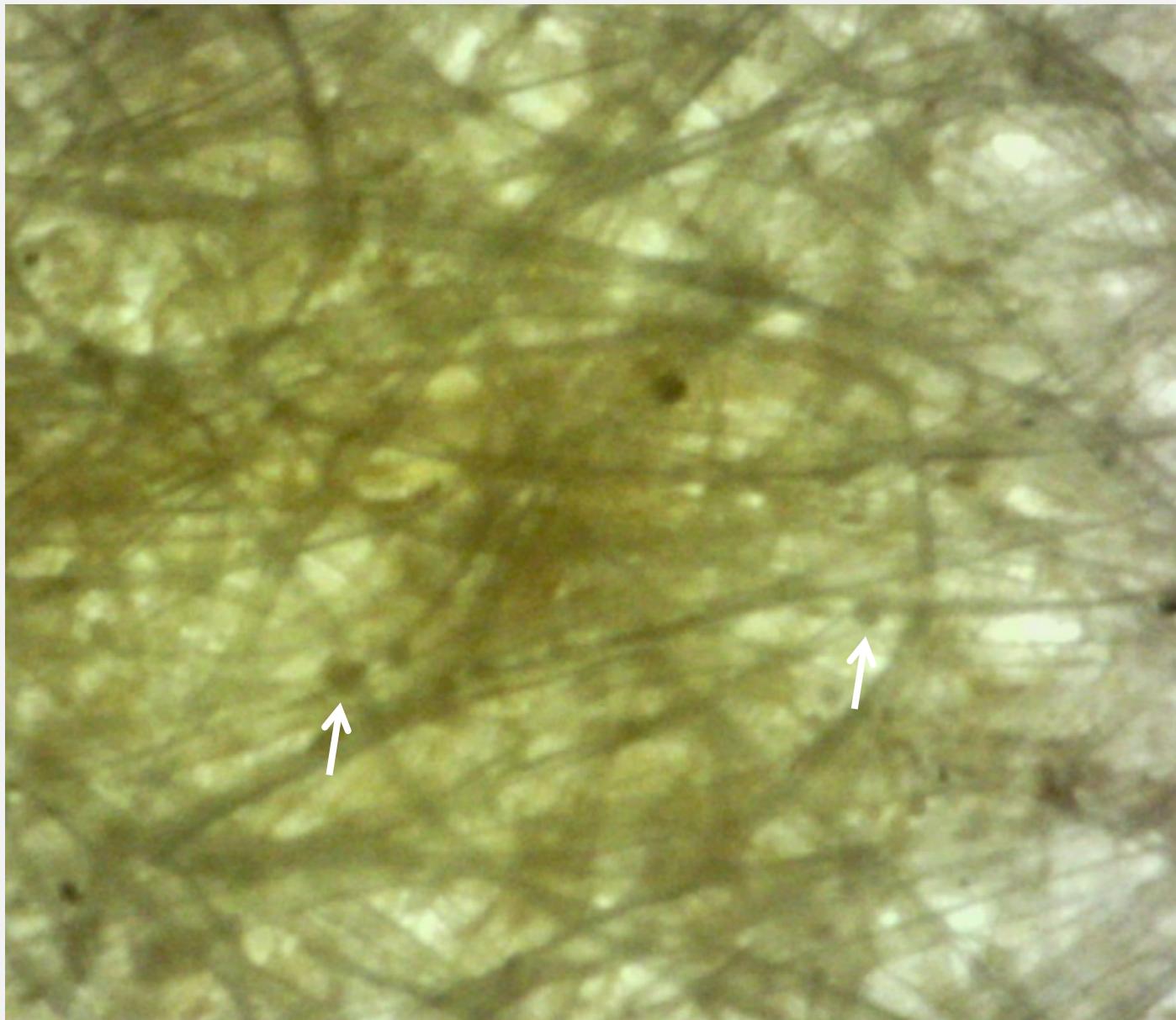
コウゾ, 透過光で撮影(次のスライドは\*を拡大)

# 料紙のデンプン粒は同定できます

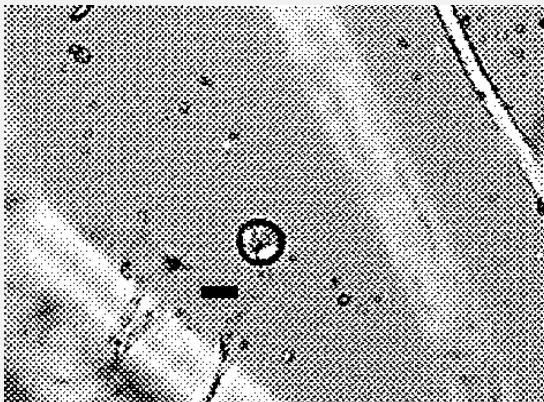


稻葉政満. 2002.「紙」『文化財のための保存科学入門』(京都造形芸術大学編), (株)飛鳥企画. 写真1より転載.  
スケールバーは $10\text{ }\mu\text{m}$

- 同定時は画像を拡大して, 縦径・横径を計測
- 偏光十字の確認は困難
- 円形, 粒径範囲 $9.893\sim25\text{ }\mu\text{m}$ (画像全体)  
>> トロロアオイと同定

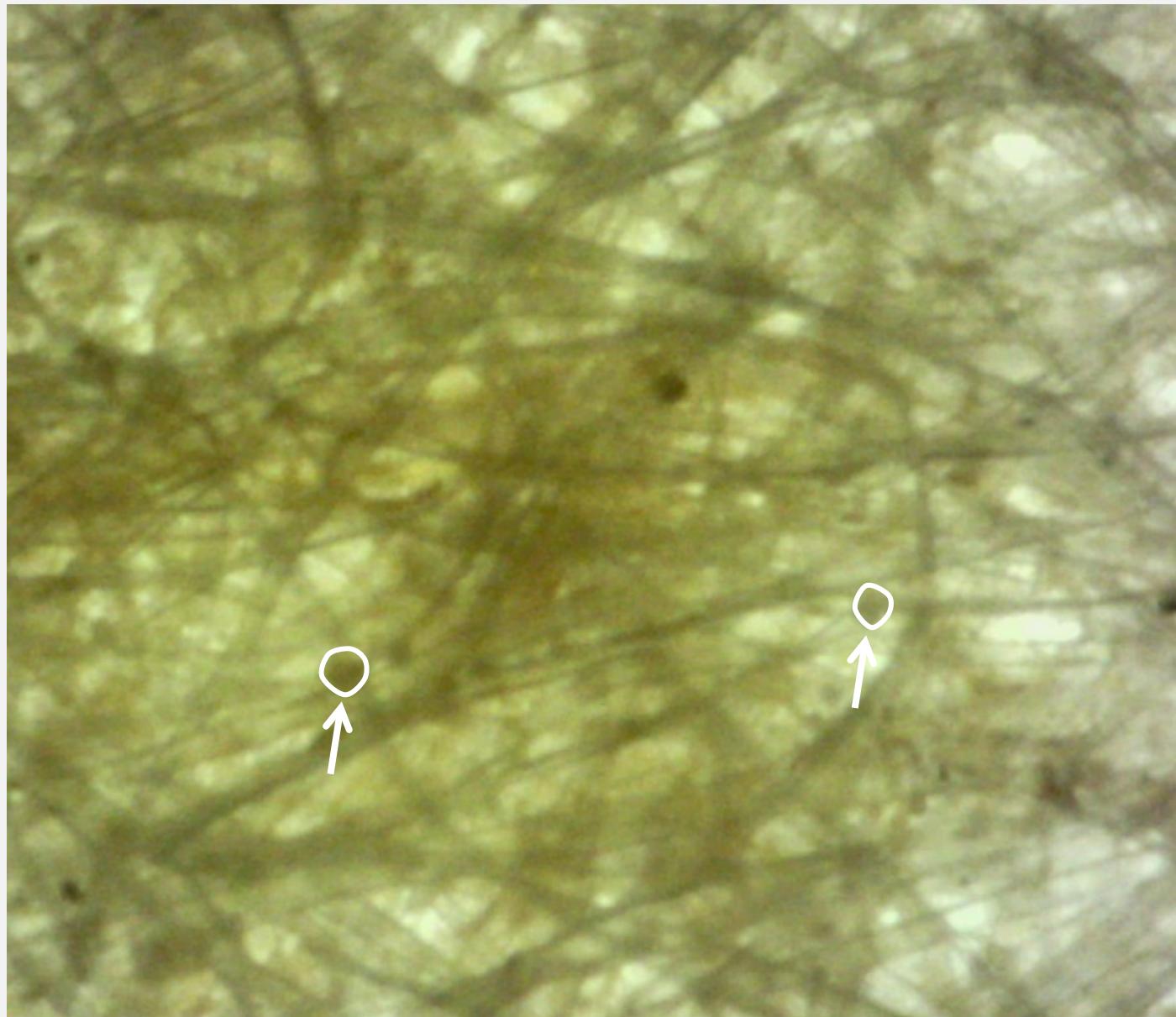


# これらがトロロアオイのデンプン粒です

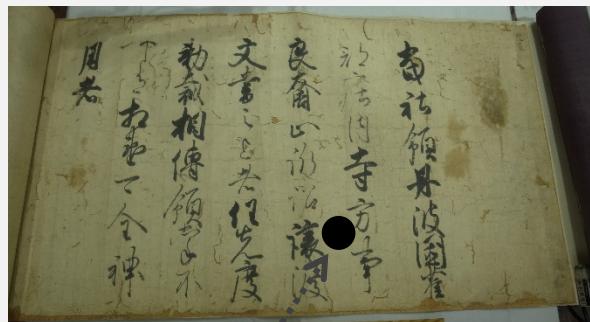


稻葉政満. 2002.「紙」『文化財のための保存科学入門』(京都造形芸術大学編), (株)飛鳥企画. 写真1より転載.  
スケールバーは $10\text{ }\mu\text{m}$

- ・ 同定時は画像を拡大して, 縦径・横径を計測
- ・ 偏光十字の確認は困難
- ・ 円形, 粒径範囲 $9.893\sim25\text{ }\mu\text{m}$ (画像全体)  
>> トロロアオイと同定

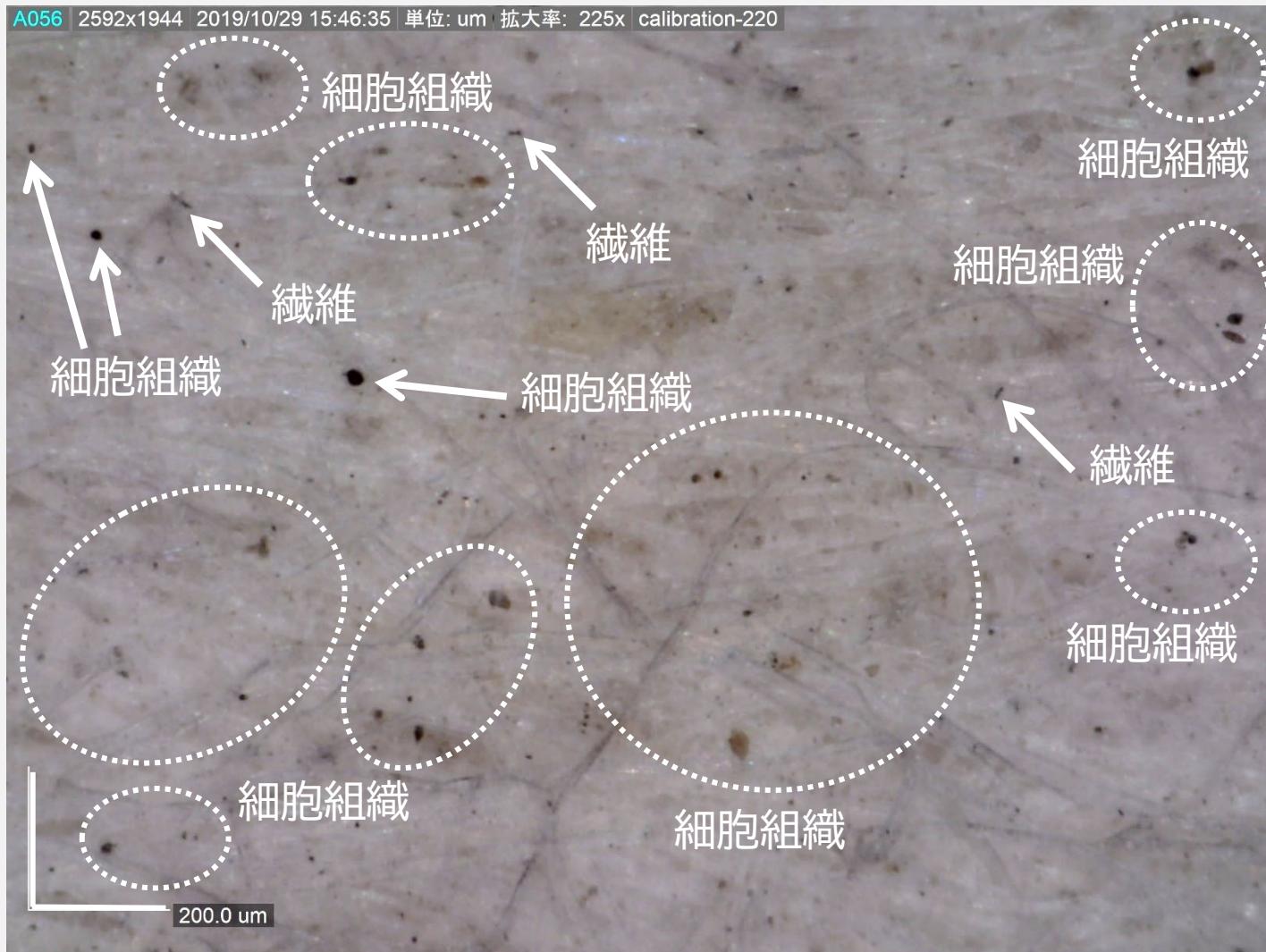


# 松尾大社社蔵史料 12「光巖院院宣」



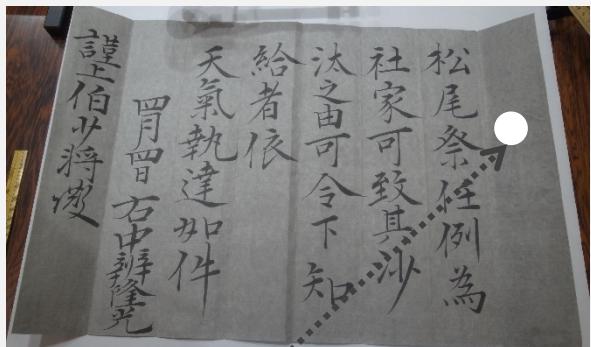
撮影箇所:  
右から26.0cm, 下から  
9.7cm

画像内で細胞組織の断片  
65片(黒・茶色物質), 繊維断片3片を確認



裏打ちが厚いため、反射光で撮影(コントラストを微修正)

# 松尾大社社蔵史料 333「仁孝天皇綸旨」



撮影箇所:  
右から6.5cm, 上から  
16.0cm

画像内で長石3個を確認  
→アルカリ長石(カリウム・  
ナトリウムが主成分)か  
斜長石(カルシウム・ナト  
リウムが主成分)の識別  
は今後の課題



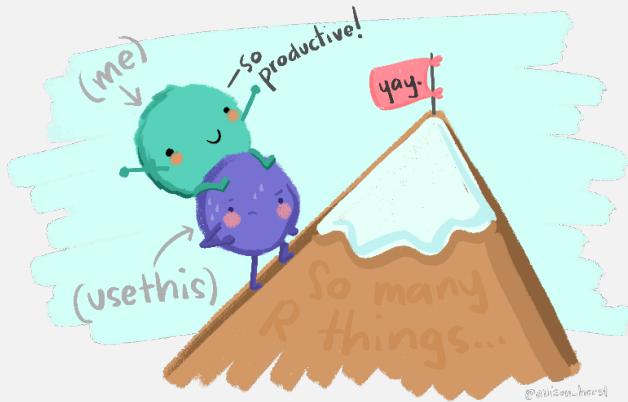
宿紙, 透過光で撮影

# 分析データを可視化しよう

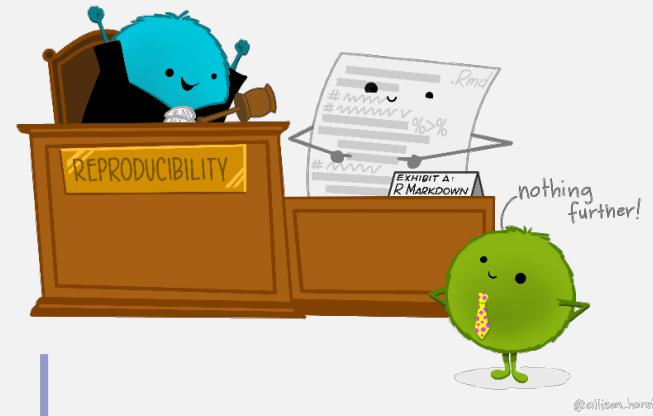
コロナ禍で  
現在勉強中

## 統計解析環境R／RStudio

2020年4月より、「考古学・文化財のためのデータサイエンス・サロンonline」で一から学んでいます



料紙研究の  
オープンサイエンス



グラフ描画用パッケージggplot2や  
統計解析の各パッケージを使用



料紙研究の公開性と透明性  
を支え、データのアクセシビ  
リティを向上したい！

Artwork by @allison\_horst  
(CC BY 4.0)

# (1) 料紙サイズと含有量の相関をみた

陽明文庫所蔵史料(コウゾ)における無相関検定

帰無仮説 $H_0$ :母相関は0である「調査史料では料紙面積と構成物の量に相関がない」

対立仮説 $H_1$ :母相関は0ではない「調査史料では料紙面積と構成物の量に相関がある」

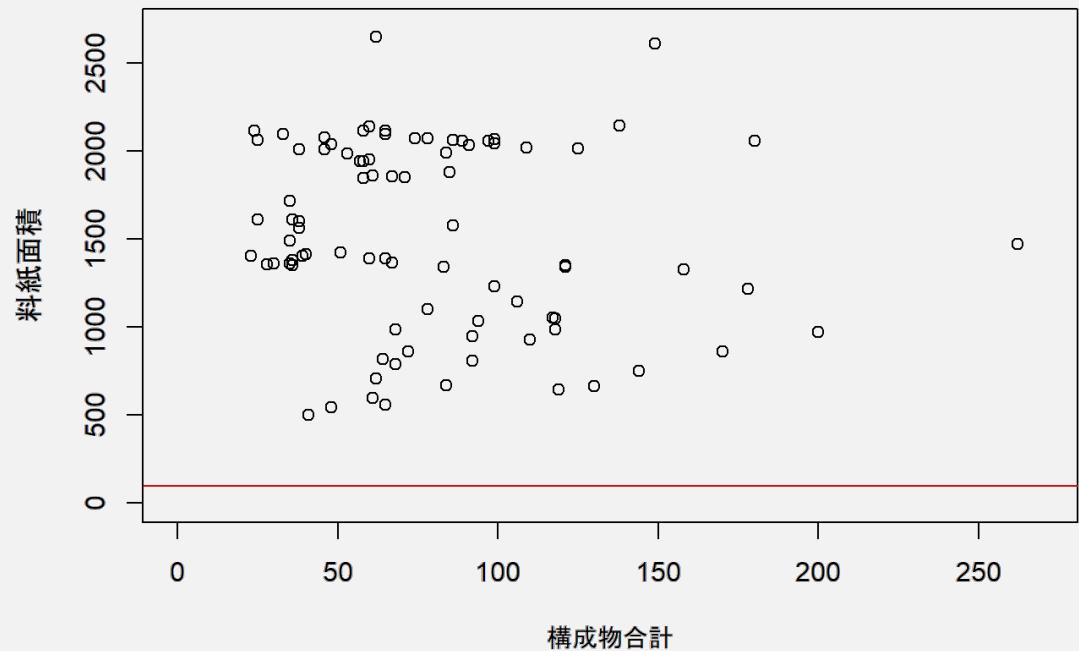
相関係数=-0.186486

母集団相関係数pに関する検定

- t値=-1.3249
- df(自由度)=83
- p-value(p値)=0.1888

p値で「結果が統計的に有意かどうか」  
を判断

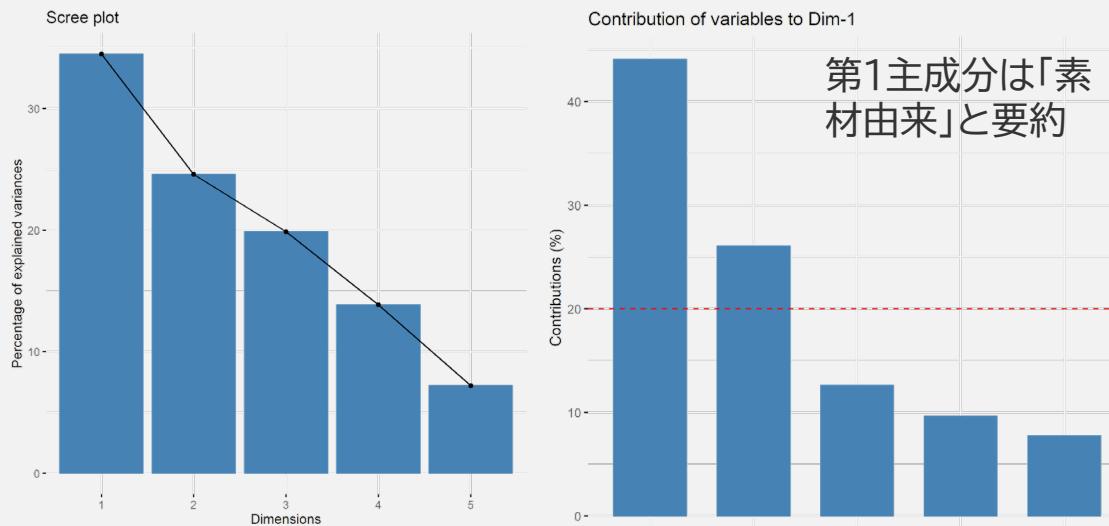
- 有意水準0.05(5%)より大きい
- 「料紙面積」と「構成物の量」の間に  
は有意な相関がない



「相関はない」ことが統計的に実証された

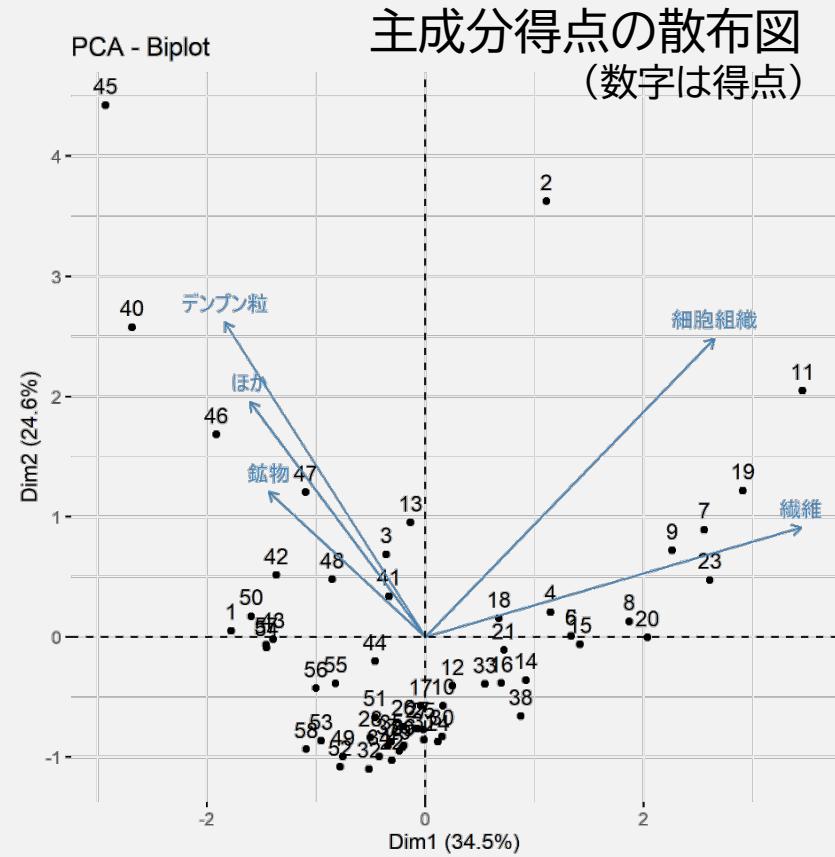
## (2) 主成分分析で構成物全体の特徴をみた

松尾大社社蔵史料(コウゾのみ抽出)



第1主成分が34%超、第2主成分と合わせて90%近い

	主成分の分散	寄与率	累積寄与率
comp 1	1.7240043	34.480085	34.48009
comp 2	1.2290034	24.580068	59.06015
comp 3	0.9940092	19.880184	78.94034
comp 4	0.6924212	13.848425	92.78876
comp 5	0.3605619	7.211238	100.00000

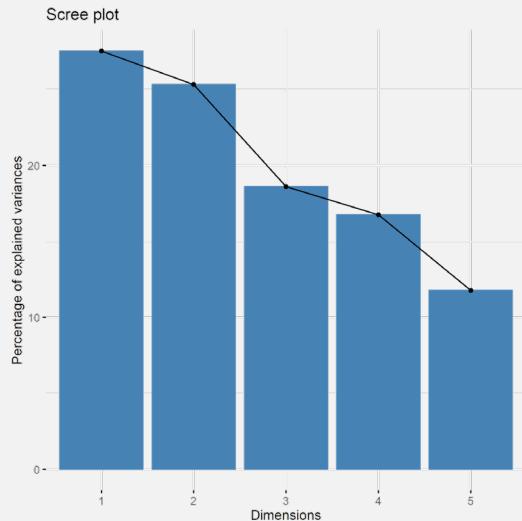


同じ変数の意味を示す2つに分かれる

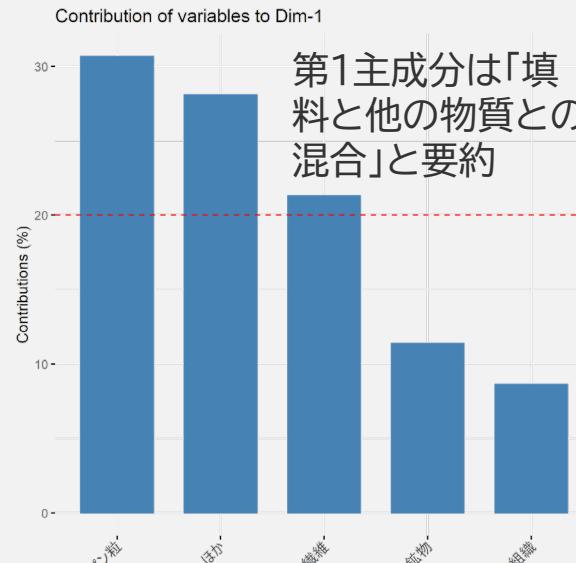
- 細胞組織と繊維は素材由来を示す
- デンプン粒・鉱物・ほかは填料を示す

## (2) 主成分分析で構成物全体の特徴をみた

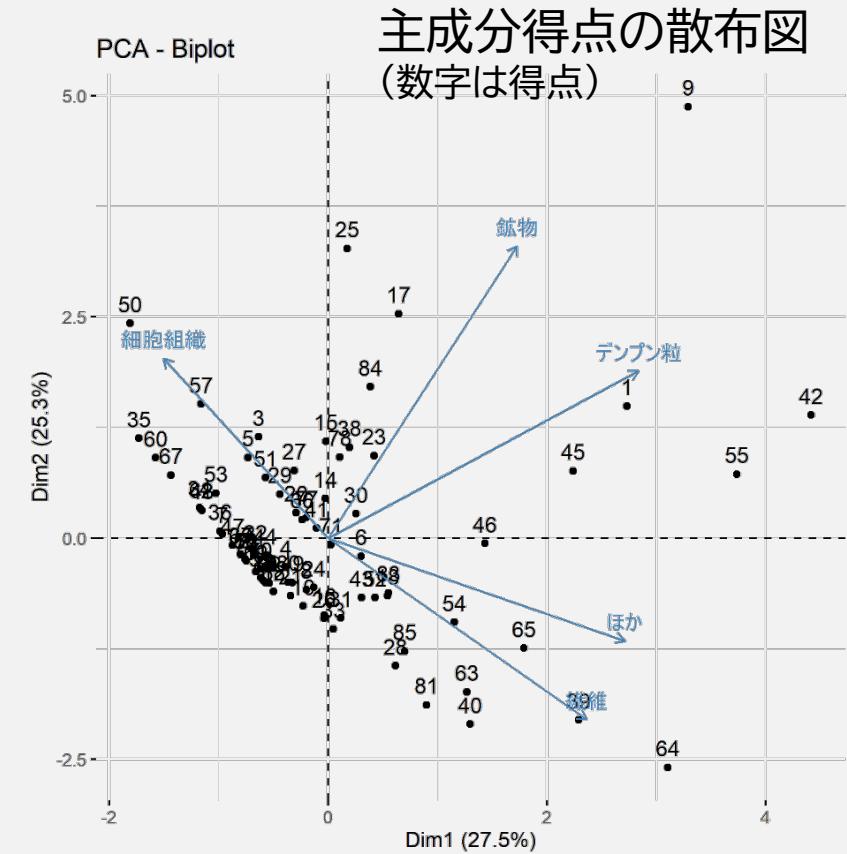
陽明文庫所蔵史料(コウゾのみ抽出)



第1主成分が27%超、第2主成分も合わせると80%近い



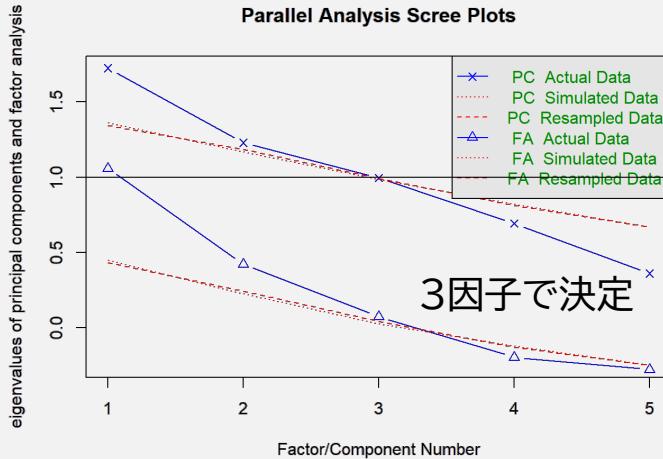
第1主成分は「填料と他の物質との混合」と要約



- デンプン粒と鉱物は填料
- 細胞組織, 繊維・ほかは異なる変数をもつ(素材由来だけではない)

### (3) 因子分析で構成物同士の相関をみた

松尾大社社蔵史料(コウゾ)における料紙構成物の共通因子・相関関係



因子負荷量

	MR1	MR3	MR2
デンプン粒	0.02216235	0.46395200	0.2130674
鉱物	-0.04041092	-0.06896046	0.5434480
細胞組織	0.80277436	0.12666155	0.1189321
纖維	0.75713597	-0.16936664	-0.1628024
ほか	-0.04003187	0.56883444	-0.1576144

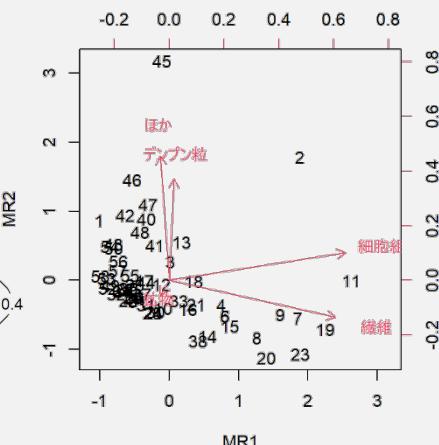
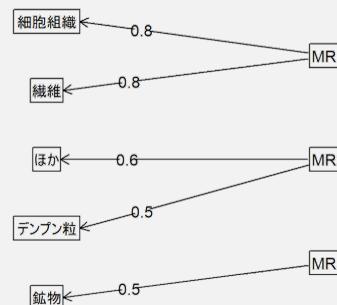
#### バリマックス解

	MR1	MR2	MR3
寄与	1.22	0.62	0.43
寄与率	0.24	0.12	0.09
累積寄与率	0.24	0.37	0.45
説明率	0.54	0.27	0.19
累積説明率	0.54	0.81	1.00

累積寄与率が0.5より小 >> データの拡充が必要

#### 因子間相関

	MR1	MR2	MR3
MR1	1.00	-0.17	-0.16
MR2	-0.17	1.00	0.39
MR3	-0.16	0.39	1.00

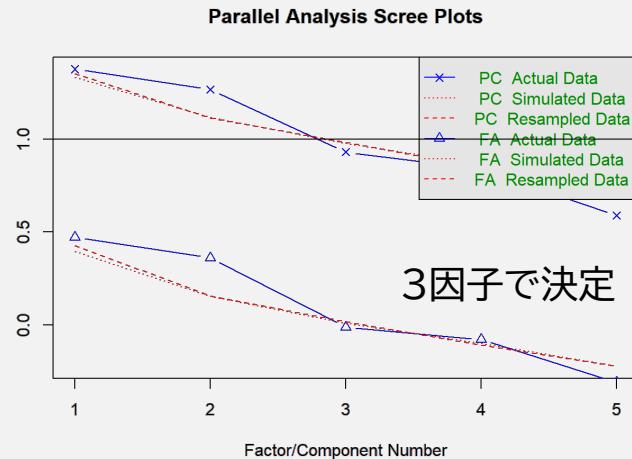


細胞組織－纖維, デンプン粒－鉱物－ほかが相関関係をもつ

### (3) 因子分析で構成物同士の相関をみた

陽明文庫所蔵史料(コウゾ)における料紙構成物の共通因子・相関関係

eigenvalues of principal components and factor analysis



#### 因子負荷量

	MR1	MR3	MR2
デンプン粒	0.01654569	0.79113716	-0.009188201
鉱物	0.92299697	0.01169930	0.008554870
細胞組織	0.18572833	-0.14466103	-0.163285306
纖維	-0.20071818	0.18314100	0.295960324
ほか	0.02345439	-0.01816758	0.737600749

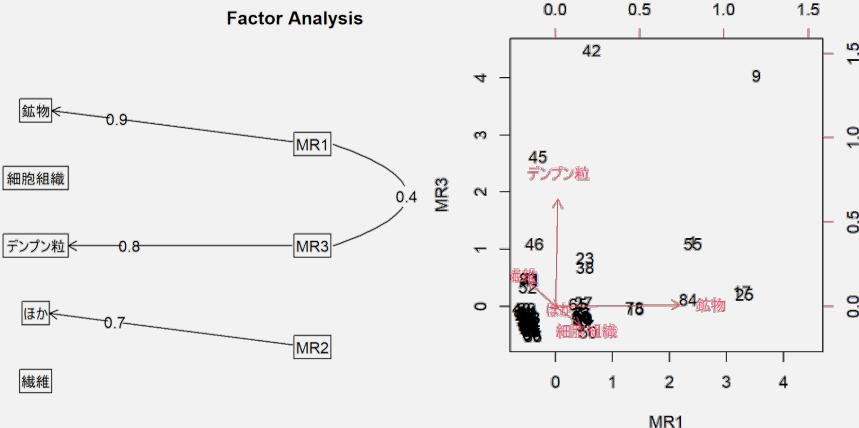
#### バリマックス解

	MR1	MR2	MR3
寄与	1.03	0.75	0.60
寄与率	0.21	0.15	0.12
累積寄与率	0.21	0.36	0.48
説明率	0.43	0.31	0.25
累積説明率	0.43	0.75	1.00

累積寄与率が0.5より小 >> データの拡充が必要

#### 因子間相関

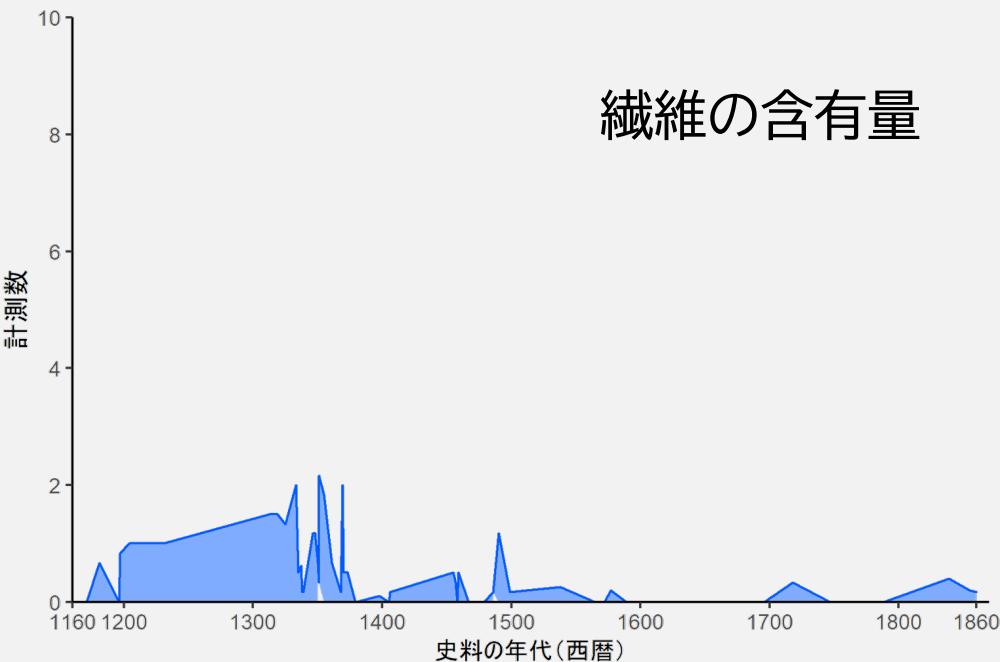
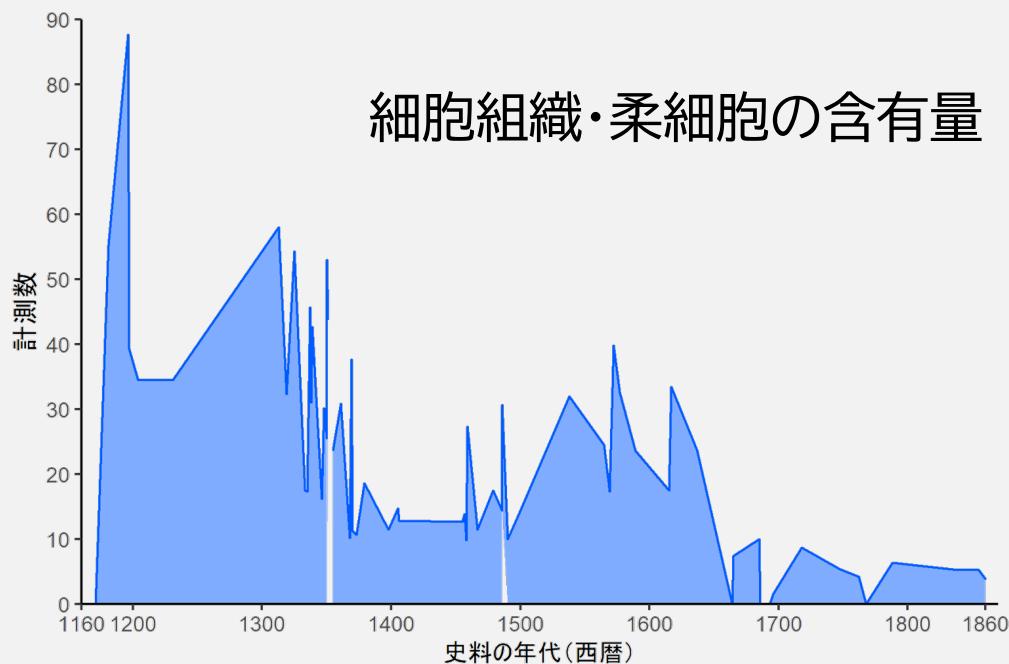
	MR1	MR2	MR3
MR1	1.00	0.33	0.08
MR2	0.33	1.00	0.14
MR3	0.08	0.14	1.00



デンプン粒と鉱物が相関関係をもつ(調査史料の特徴)

## (4) 構成物量の変化をみた

松尾大社社蔵史料63点



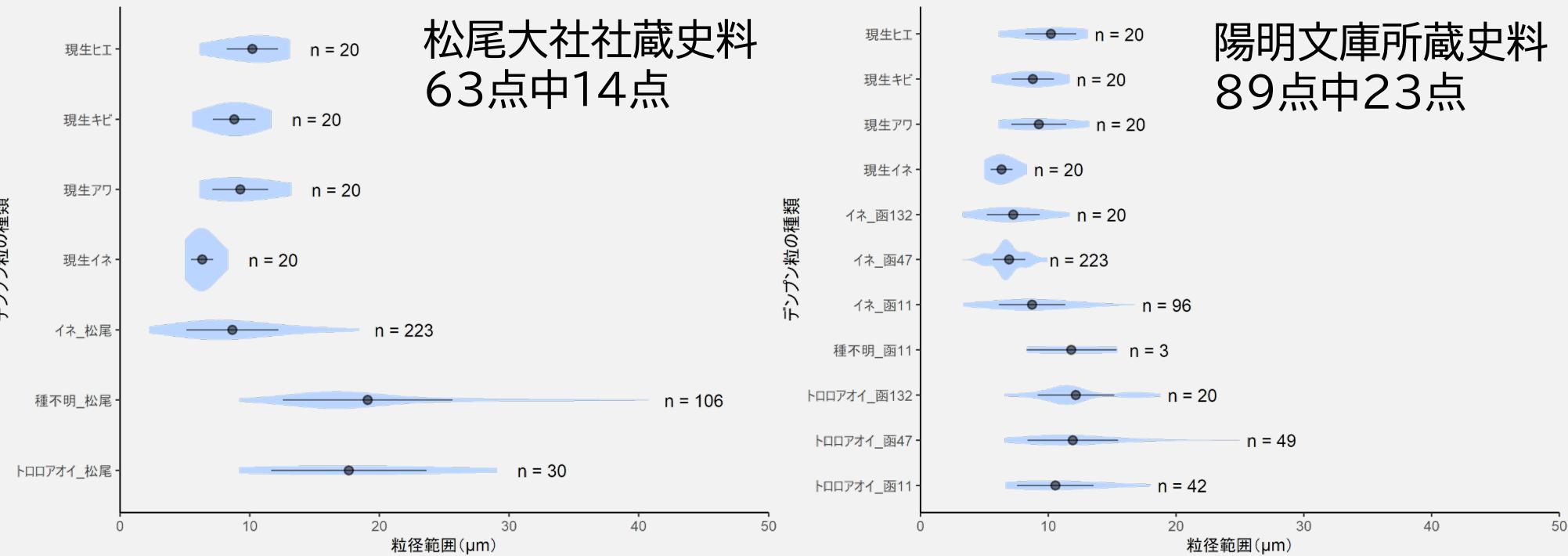
### 時期による増減

- 86「室町幕府奉行人連署奉書」が増加のピーク、以降は減少
- 26「徳川家綱朱印状」以降の減少が顕著

室町時代後半と江戸時代前半に料紙材料や製法の変化がある？

私が最も興味  
深かった結果

## (5) デンプン粒の特徴をみた



料紙のデンプン粒は粒径の分散が大きい

植物の生産地や当時の生育環境に起因 → 料紙の生産地を示す?  
「野生型と栽培型の間で大きさに差異」(Loy et al. 1992; 渋谷2010)

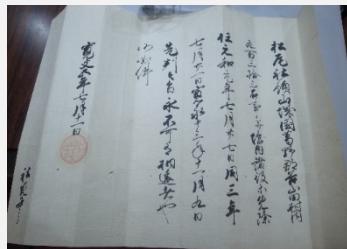


# まとめると

原本史料調査



文書の内容



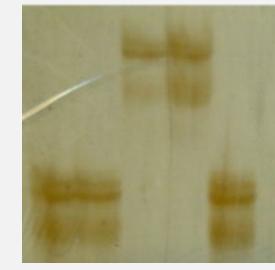
構成物の分析



DNA分析による成分特定

Tad3

1 2 3 4 5



DNAバイオマーカー

国際共同研究

科学研究基盤の構築と情報化実践(Rによる可視化)



歴史資料の修理・保存方法の検証と情報基盤への反映

研究成果の共有・公開  
(オープンアクセス)

料紙研究の国際標準化と東アジアにおける研究の展開



フィードバック

考古科学(残存デンプン粒研究の進展へ)

ご静聴ありがとうございました

