

表 1. 蛍光抗体画像枚数の集計

	IgG	IgA	IgM	C1q	C3	C3c	C3d	C4	C4c	C4d	C5	C9	Fib	不明	計
東京大学	3791	3218	3198	2544	3468	-	2047	2387	-	-	1588	2347	2641	-	27229
北野病院	1476	1537	1679	1830	-	1378	-	-	1842	128	-	-	1257	-	11127
川崎医大	908	784	731	744	776	-	-	748	-	-	-	-	709	5315	10715
日本医大	13780	12526	9909	6035	10722	17	50	6009	-	254	23	-	-	3814	63139
筑波大	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
計	19955	18065	15517	11153	14966	1395	2097	9144	1842	382	1611	2347	4607	9129	112210

表 2. 光学顕微鏡画像 (WSI) 枚数の集計

	PAS	PAM	MT	Azan	EM	HE	EMG	EVG	CR	不明	計
東京大学	372	390	213	368	-	-	-	-	-	-	1343
北野病院	582	586	-	-	578	586	-	-	39	-	2371
川崎医大	681	227	-	-	-	227	227	-	-	-	1362
日本医大	5	9	-	-	-	8	1	-	-	1187	1210
筑波大学	154	315	-	-	131	173	-	2	-	62	837
計	1794	1527	213	368	709	994	228	2	39	1249	7123

表 3 (a) 光学顕微鏡画像における異なる病理番号と患者番号の集計 (PAS, PAM, MT, Azan, EM)

	PAS		PAM		MT		Azan		EM	
	病理番号 数	患者番号 数	病理番号 数	患者番号 数	病理番号 数	患者番号 数	病理番号 数	患者番号 数	病理番号 数	患者番号 数
東京大学	357	327	360	359	209	198	354	341	-	-
北野病院	329	291	327	290	-	-	-	-	324	290
川崎医大	227	-	227	-	-	-	-	-	-	-
日本医大	5	-	9	-	-	-	-	-	-	-
筑波大学	108	-	105	-	-	-	-	-	102	-
計	1026	-	1028	-	209	-	354	-	426	-

表 3 (b) 光学顕微鏡画像における異なる病理番号と患者番号の集計 (HE, EMG, EVG, CR, 不明)

	HE		EMG		EVG		CR		不明	
	病理番号 数	患者番号 数	病理番号 数	患者番号 数	病理番号 数	患者番号 数	病理番号 数	患者番号 数	病理番号 数	患者番号 数
東京大学	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
北野病院	329	290	-	-	-	-	35	34	-	-
川崎医大	227	-	227	-	-	-	-	-	-	-
日本医大	8	-	1	-	-	-	-	-	280	-
筑波大学	107	-	-	-	1	-	-	-	15	-
計	671	-	228	-	1	-	35	-	295	-

表 4 CNN の作成に用いた蛍光抗体糸球体画像のデータセットの要約

	0(所見なし)	1 (所見あり(弱))	2 (所見あり(中))	3 (所見あり(強))	計
メサンギウム	2,352	637	584	218	3,791
糸球壁	1,621	951	535	684	3,791
その他	2,567	843	381	0	3,791

表 5 光学顕微鏡画像による糸球体の所見付け定義案

項番	所見項目名	スコア					スコアリング基準
1	Mesangial hypercellularity	Normal	Mild	Moderate	Severe	判別不能	糸球体内の血管極付近を除く、もともと細胞増殖の多いメサンギウム領域におけるメサンギウム細胞をカウントし、以下の基準で所見をつける。4未満:Normal, 4-5:Mild, 6-7:Moderate, 8以上:Severe。メサンギウム領域が存在しな、もしくはメサンギウム領域にメサンギウム基質が完全に残っていない場合は、判断不能とする。また、Sclerosisを生じているメサンギウム領域は対象外とする。
2	Increased mesangial matrix	(-)	(+)	—	—	判別不能	メサンギウム領域において、基質面積が細胞2つの領域を越えれば(+)と判断する。基質代替性領域はPAS染色では評価対象外である。メサンギウム基質が完全に残っていない場合は、判断不能とする。Collapsing Obsoleteが陽性の時は本項目を判断しないものとする。

3	Extracellular Matrix Sclerosis	None	Segmental 1	Global	判別不能	細胞外基質により血管腔が閉塞したもの。泡沫細胞やヒアリノーシスの有無を問わない。わずかでも血管腔が空いていれば segmental, 全ての血管腔が詰まっていれば global と判断する。Collapsing Obsolete が Global の時は判断不能とする。
4	Crescent (Fibrous)	None	Fibrous		判別不能	ボウマン囊の周の10%以上を占めている管外病変を定義する。三層以上細胞が重なっており細胞のしめる割合が50%以上のものを cellular、基質が90%以上を占めるものを fibrous, それ以外を fibrocellular とする。合併例がある時はそれぞれ別個につける。Pseudo-crescent と狭義の Crescent は区別せず、共に Crescent とする。
5	Crescent (Fibrocellular)	None	Fibrocellular		判別不能	
6	Crescent (Cellular)	None	Cellular		判別不能	
7	Adhesion	(-)	(+)		判別不能	糸球体係蹄とボウマン囊が接しているもの。ただし、管外病変及び sclerosis の場所で接しているものは含まない。Crescent で接している部分があっても、それは評価しない
8	Collapsing Obsolete	None	Segmental 1	Global	判別不能	糸球体毛細血管が虚脱により閉塞したもの。ボウマン囊の肥厚の有無や繊維化の有無は問わない。わずかでも血管腔が空いていれば segmental, 全ての血管腔が詰まっていれば global と判断する。
9	Endocapillary Proliferation	(-)	Segmental 1	Global	判別不能	血管腔内に細胞が2個以上に増えており、血管腔が狭小化しているもの。細胞増殖が見られないものにつけない。糸球体全体に見られる場合は global, 一部に見られる場合は segmental と所見をつける。血管腔が一つも画像に確認できないときは、判断不能とする。

10	Mesangiolysis	(-) (+)	判別不能	メサンギウム細胞が変性しており、かつ、メサンギウム基質構造が融解している部分があれば(+)と判断する。メサンギウム基質が一切残っていない場合は、判断不能とする。あくまでメサンギウム基質が残存する箇所でのみ評価を行う。
11	Polar Vasculosis	(-) (+)	判別不能	血管極部に、輸入輸出細動脈以外の血管が2本以上増生している場合に、(+)と判断する。血管壁の硝子化は必須ではない。血管極が見えないものは「判断不能」とする。
12	Afferent/Efferent Arteriolar Hyalinosis	(-) (+)	判別不能	輸入もしくは輸出細動脈にPAS染色でヒアリン様物質の沈着があれば陽性と判断する。程度は問わない。輸入動脈および輸出動脈、どちらか片方であれば陽性とする。画像内に輸入動脈も輸出動脈もみられない場合は判断不能とする。

表6 スコアリングの一致度の要約 (太字は0.4以上のもの)

項番	所見項目	一致度 (κ 値)	
1	Mesangial Hypercellularity	判断不能を含む	0.35
		判断不能を除外	0.28
2	Increased Mesangial Matrix	<b>判断不能を含む</b>	<b>0.47</b>
		<b>判断不能を除外</b>	<b>0.42</b>
3	Extracellular Matrix Sclerosis	判断不能を含む	0.38
		判断不能を除外	0.37
4	Crescent (Fibrous)	<b>判断不能を含む</b>	<b>0.41</b>
		<b>判断不能を除外</b>	<b>0.41</b>
5	Crescent (Fibrocellular)	判断不能を含む	0.36
		判断不能を除外	0.39
6	Crescent (Cellular)	判断不能を含む	0.39
		判断不能を除外	0.43
7	Adhesion	判断不能を含む	0.28
		判断不能を除外	0.20
8	Collapsing Obsolete	<b>判断不能を含む</b>	<b>0.41</b>
		<b>判断不能を除外</b>	<b>0.40</b>
9	Endocapillary Proliferation	判断不能を含む	0.36
		判断不能を除外	0.28

10	Mesangiolyis	判断不能を含む	0.49
		判断不能を除外	0.18
11	Polar Vasculosis	判断不能を含む	0.50
		判断不能を除外	0.04
12	Afferent/Efferent Arteriolar Hyalinosis	判断不能を含む	0.37
		判断不能を除外	0.43

表 7. 8156 枚の糸球体画像に対する所見付けの結果。

項番	所見項目名称	スコア					合計	判断不能を除外した場合の平均 $\kappa$	CNN 対象項目
1	Mesangial hypercellularity	Normal 4834	Mild 1470	Moderate 478	Severe 363	判断不能 1111	8256	0.28	○
2	Increased mesangial matrix	(-) 1469	(+) 5678			判断不能 1109	8256	0.42	○
3	Extracellular Matrix Sclerosis	None 6757	Segmental 339	Global 58		判断不能 1002	8256	0.37	○
4	Crescent (Fibrous)	(-) 6931	(+) 1325			判断不能	8256	0.41	○
5	Crescent (Fibrocellular)	(-) 7669	(+) 587			判断不能	8256	0.39	○
6	Crescent (Cellular)	(-) 7908	(+) 348			判断不能	8256	0.43	○
7	Adhesion	(-) 5855	(+) 1167			判断不能 1234	8256	0.20	○
8	Collapsing Obsolete	None 7074	Segmental 175	Global 940		判断不能 67	8256	0.40	○
9	Endocapillary Proliferation	None 6708	Segmental 449	Global 41		判断不能 1058	8256	0.28	○



10	Mesangiolytic	(-) 7119	(+) 28	判断不能 1109	8256	0.18	
11	Polar Vasculosis	(-) 1574	(+) 103	判断不能 6579	8156	0.04	
12	Afferent/Efferent Arteriolar Hyalinosis	(-) 621	(+) 129	判断不能 7506	8256	0.43	

表 8. CNN の開発に用いたデータセット

項番	所見項目名称	スコア		スコアバランス	合計
		Normal	Abnormal		
1	Mesangial hypercellularity	4834	2311	<b>0.68</b> : 0.32	7145
2	Increased mesangial matrix	(-) 1469	(+) 5678	0.21 : <b>0.79</b>	7147
3	Crescent	(-) 6080	(+) 2176	<b>0.75</b> : 0.25	8256
4	Extracellular matrix sclerosis / Collapsing obsolete	None 6694	Segmental / Global 1504	<b>0.81</b> : 0.19	8198
5	Adhesion	(-) 5855	(+) 1167	<b>0.83</b> : 0.17	7022
6	Endocapillary proliferation	(-) 6708	(+) 490	<b>0.93</b> : 0.07	7198

表 9 CNN による各所見項目のスコア分類精度。表中の精度は 5 回平均値を示す。

		ROC-AUC	F1	感度	特異度	陽性適中率
1	Mesangial hypercellularity	0.80	0.56	0.54	0.74	0.62
2	Increased mesangial matrix	0.80	0.89	0.92	0.83	0.87
3	Crescent	0.91	0.74	0.71	0.86	0.79
4	Extracellular Matrix Sclerosis / Collapsing Obsolete	0.96	0.78	0.72	0.94	0.87
5	Adhesion	0.75	0.29	0.22	0.83	0.61
6	Endocapillary Proliferation	0.77	0.11	0.07	0.92	0.27

表 10 領域検出に用いたデータセットの要約

抽出領域	404 枚のうち所見が存在する画像の枚数	各領域が存在する画像における平均面積比	全画像での平均面積比
1 Background	404 (100.0%)	70.0%	70.0%
2 Gglomerulus	404 (100.0%)	30.0%	30.0%
3 Crescent	120 (29.7%)	8.8%	2.6%
4 Extracellular Matrix Sclerosis / Collapsing Obsolete	149 (36.9%)	8.0%	2.9%
5 Mesangium	306 (75.7%)	3.3%	2.5%

表 11 糸球体内部構造領域の抽出精度

		IoU (2 値分類)	IoU (疑似多クラス分類)
1	Background	0.96	0.96
2	Glomerulus	0.90	0.73
3	Crescent	0.47	0.45
4	Sclerosis	0.46	0.46
5	Mesangium	0.35	0.35
Mean IOU *1		-	0.59
Frequency Weighted IOU *2		-	0.86

\*1 IoU:= TP/(TP+TN+FN), \*2 Frequency Weighted IoU= 1/(全画素数) \* Σ ((TP+FN) \* IoU)

表 12 セグメンテーションの結果を所見項目のクラス分類として扱った場合の精度

		F1		感度		陽性適中率	
		クラス分類	セグメンテーションでクラス分類	クラス分類	セグメンテーションでクラス分類	クラス分類	セグメンテーションでクラス分類
1	Crescent	0.74	<b>0.75</b>	0.71	<b>0.79</b>	<b>0.79</b>	0.71
2	Extracellular Matrix Sclerosis / Collapsing Obsolete	<b>0.78</b>	0.73	<b>0.73</b>	0.72	<b>0.87</b>	0.73