

特集

COVID-19における胸部 CT 画像診断の重要性

森川 恵子

純真学園大学 保険医療学研究科 保健衛生学専攻
保健医療学部 放射線技術科学科

Importance of diagnostic CT imaging with coronavirus disease 2019 (COVID-19)

Keiko MORIKAWA

Course of Health Sciences, Graduate School of Health Sciences,
Department of Radiological Science, Faculty of Health Sciences,
JUNSHIN GAKUEN University

【要旨】 新型コロナウイルスの受容体は上気道の粘膜上皮細胞や肺の肺胞上皮細胞で発現しているため、まず呼吸器系に感染する。このうち急性呼吸窮迫症候群（ARDS）となる重症化率は約1.6%と以前と比べて低下しているものの、重症化した場合は死亡のリスクも高くなる。ARDSは、重症肺炎による重度の呼吸不全が原因となり、CT画像で特徴的な所見をもたらす。CT画像診断は、起炎菌の鑑別診断は困難であるものの、異常陰影の分布や特徴から、肺炎の診断に必要な多くの情報をもたらす。新型コロナウイルス感染症のCT所見では、肺泡性と間質性のいずれの病態でも見られる所見が出現するため、特異的な画像所見はない。さらに初期症状の発症からの経過日数によって、画像所見は変化する。このため特異的な画像所見はなく、CT所見により鑑別診断を絞り込むことは難しい。しかし近年のヘリカルCTおよび多列検出器型CTの普及に伴う診断能の向上は目覚ましく、その高い分解能が重症化への移行の可能性について早い段階で検出することを可能にしている。

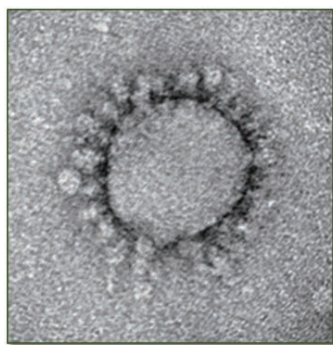
キーワード： 新型コロナウイルス, COVID-19, 肺炎, CT画像診断

Abstract: Coronavirus disease 2019 (COVID-19) primarily causes respiratory infection involving mucosal epithelial cells of the upper respiratory tract or alveolar epithelial cells of the lung, which express a virus receptor. The rate of progression to acute respiratory distress syndrome (ARDS) in patients with COVID-19 has been decreasing recently; however, the risk of death has been on the rise. ARDS causes severe respiratory failure, with characteristic findings on chest computed tomography (CT). Chest CT images provide important information for the diagnosis of pneumonia through abnormal attenuation and distribution. However, differential diagnosis of COVID-19 using CT images is difficult because there are no specific imaging findings for COVID-19. Additionally, the images could change with the number of days from onset. However, recent technological innovations including helical or multi detector CT devices represent remarkable developments in diagnostic capability, enabling early detection to prevent disease progression to severe pneumonia.

Key Word: Coronavirus disease, COVID-19, pneumonia, CT images

はじめに

新型コロナウイルスの感染者は、発生から2年以上が経過した現在でも、世界の新規感染者は増加を続け、今だ終息の兆しが見えない状況が続いている。新型コロナウイルスはその強い伝播性と変異の速さのみならず、不顕性感染者によっても周囲にウイルスを伝播させていくというその特殊な病原性によって、人類はかつて経験したことのない社会様式の変貌を迫られることとなった。従って従来の疫病対策の基本であった、発症患者を隔離することによる病因菌の封じ込めは成り立たず、いかにして感染者を早い段階で発見し、周囲への感染を押さえて重症化へのリスクを下げるかということについて、医療技術や社会体制のみならず、人々の行動様式や規範意識を総動員することでこの2年間、我々はこの



透過型電子顕微鏡撮影像
(東京都健康安全研究センター)



新型コロナウイルス (SARS-CoV-2)

直径100ナノメートルの球体で表面に突起があり、粒状の粒子の上にコロナウイルス特有の冠状のスパイクタンパク質が観察される。“corona”は太陽の周りの光冠を指すが、ラテン語由来の語でもっともとは「冠、王冠」を意味する。

ウイルスへの対応の仕方を学んできたともいえる。本稿では、あらためて肺炎と画像診断について焦点を置き、新型コロナウイルス感染症における胸部 CT 画像診断の重要性について考察していく。

1. コロナウイルスとは

2019年12月中国武漢で発見された、急速に肺炎症状を起こす死亡率の高い未知の疾患は、旅行者によって急速に各国に感染伝播し、2020年1月31日世界保健機関（WHO）により「国際的に懸念される公衆衛生上の緊急事態（PHEIC: Public Health Emergency of International Concern）」であると宣言された。のちに米国国立衛生研究所（National Institutes of Health: NIH）データベースにて名付けられた「新型コロナウイルス感染症（COVID-19）」である。

ヒトに感染するコロナウイルスは、風邪の病原体として人類に広く蔓延している4種類と、動物から感染した重症肺炎ウイルス2種類が従来知られていた。ヒトに日常的に感染する4種類のコロナウイルス（Human Coronavirus: HCoV）は、HCoV-229E, HCoV-OC43, HCoV-NL63, HCoV-HKU1で、風邪の10～15%（流行期35%）はこれら4種のコロナウイルスを原因とする。冬季に流行のピークが見られ、軽い症状しか引き起こさないため、問題になることはない。HCoV-229E, HCoV-OC43が最初に発見されたのは1960年代であり、HCoV-NL63とHCoV-HKU1は2000年代に入って新たに発見された¹⁾（表1参照）。

一方重症呼吸器疾患を引き起こすため、「健康上の脅威」と最初に位置づけられたのが2002年に中国南部広東省で報告された「重症急性呼吸器症候群（SARS）」で、重症急性呼吸器症候群コロナウイルス（SARS-CoV）は、コウモリのコロナウイルスがヒトに感染して重症肺炎を引き起こすようになったと考えられている。2002年に中国広東省で発生し、2002年11月から2003年7月の間に30を超える国や地域に拡大したが、2003年以降ヒトへの感染は見られない。

もう一つの重症肺炎ウイルスである中東呼吸器症候群コロナウイルス（MERS-CoV）は、ヒトコブラクダに風邪症状を引き起こすウイルスであるが、種の壁を超えてヒトに感染すると重症肺炎を引き起こすと考えられている。2012年に「中東呼吸器症候群（MERS）」がサウジアラビアで発見され、これまでに27カ国で2,494人の感染者がWHOへ報告され（2019年11月30日時点）、そのうち858人が死亡した（致死率34.4%）。致死率が高いものの、大多数はウイルスに感染しても軽い呼吸器症状あるいは不顕性感

表1. 季節性コロナウイルスについて

	感染経路	臨床症状	治療
HCoV-229E HCoV-OC43 HCoV-NL63 HCoV-HKU1	咳、飛沫、摂食 による感染	<ul style="list-style-type: none"> ・潜伏期間は2～4日 ・主に鼻炎、上気道炎、下痢等を引き起こす ・通常は重症化しない 	特定の治療法はなく、対症療法で治療

*資料1) より作成

表2. 深刻な呼吸器疾患を引き起こすコロナウイルスの比較

感染症名	SARS 重症急性呼吸器症候群	MERS 中東呼吸器症候群	COVID-19 新型コロナウイルス感染症
ウイルス	SARS-CoV (SARSコロナウィルス)	MERS-CoV (MERSコロナウィルス)	SARS-CoV-2 (新型コロナウイルス)
発生	2002年11月	2012年9月	2019年12月
宿主	キクガシラコウモリ	ヒトコブラクダ	不明
発生地域	中国南部広東省	アラビア半島と周辺地域	中国武漢市
感染者数	8,096人 (2003年終息)	2,574人 (2021年6月末)	256,480,022人 (2021年11月21日)
致死率	9.56%	34.42%	2.01%

* 国立感染症研究所(資料2), 厚生労働省検疫所データ(資料3)より作成

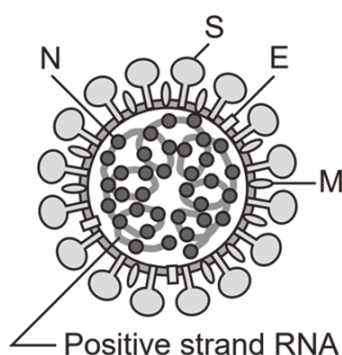
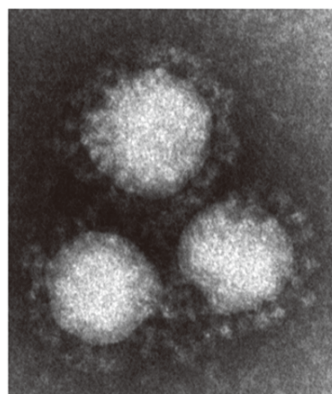
染で済んでおり、高齢者や基礎疾患をもつ人に感染した場合にのみ重症化すると考えられる²⁾。

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) は、ヒトの病原ウイルスとして7番目に同定されたウイルスで、新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) によって引き起こされる感染症である。SARS-CoV-2はウイルスの遺伝子配列からコウモリのコロナウイルスを祖先にもつと考えられるが、過去2種類の動物コロナウイルスが遺伝子組み換えを起こした可能性も考えられており、発生起源の特定には今に至っていない。しかしながら2022年1月時点で世界の感染確認数は約3.1億人、死亡者は549万人に上り、その強い伝播性は以前の SARS や MERS とは明らかに異なるウイルスであるといえる²⁻³⁾ (表2参照)。

2. COVID-19の病態

ヒトの体内に入ったウイルスが感染を起こすには、細胞内への侵入が必要である。そのためには細胞に結合できる受容体が必要であるが、ヒトの7種類の病原コロナウイルスは、必ずしも同じ受容体を利用するわけではない。新型コロナウイルスは、SARS コロナウイルスと同様に angiotensin-converting enzyme (ACE2) が受容体となることが分かっている⁴⁾。ACE2は上気道の粘膜上皮細胞や肺の肺胞上皮細胞で発現しており、新型コロナウイルスがまず呼吸器系に感染するのはそのためである。ACE2はそのほかに血管内皮細胞、腎尿細管、心血管組織、小腸上皮細胞、精巣細胞、脳細胞などの非免疫細胞と、肺胞単球マクロファージなどの免疫細胞に存在している。したがってこれらの侵入部位に対応した各種症状を起こすと、肺炎、ARDS (急性呼吸窮迫症候群)、DIC (播種性血管内凝固症候群)、腎障害、循環器症状 (高血圧、狭心症 / 心筋梗塞)、消化器症状 (嘔吐、下痢)、脳神経症状 (頭痛、嘔気、嘔吐、嗅覚、味覚障害) を起こすと考えられている。

通常は発熱や呼吸器症状が1週間前後続き、強い倦怠感を訴えることが多いのが特徴で、罹患しても無症状や軽い症状のまま自然治癒する例も多いとされている。一方で一部の感染者では、呼吸困難など



新型コロナウイルスの構造

ウイルスを覆う脂質二重膜 (エンベロープ) の中に Nucleocapsid (N) 蛋白に巻きついたプラス鎖の一本鎖 RNA のゲノムがあり、エンベロープ表面には Spike (S) 蛋白、Envelope (E) 蛋白、Membrane (M) 蛋白が配置されている。S (スパイク) に細胞がくっつき感染する。(資料2)

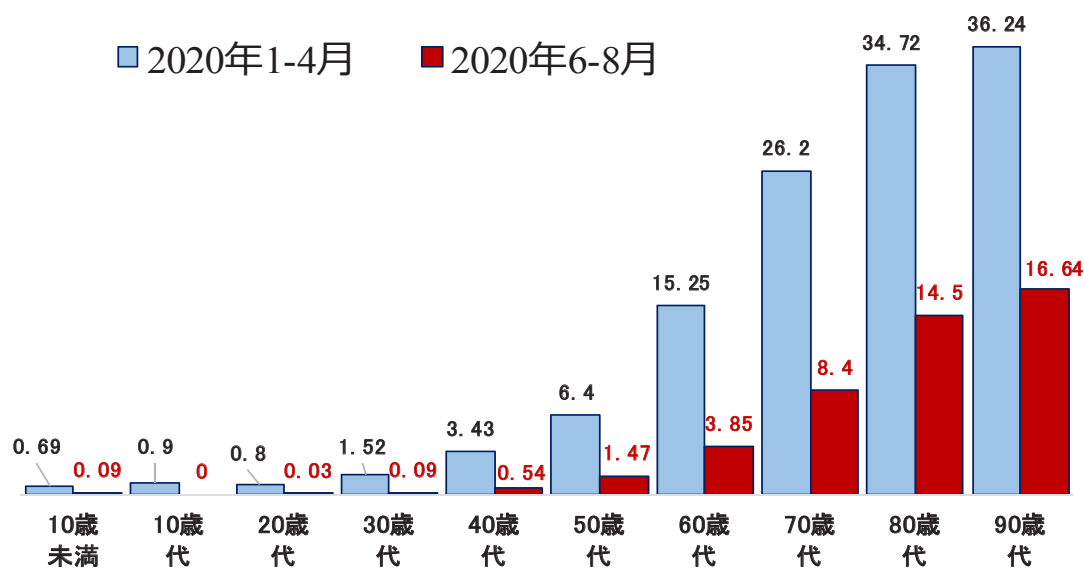


図1. COVID-19の年代別重症化率の変化（単位：%）（資料5より作成）

の肺炎症状を呈することがあり、重症化するリスクは特に高齢者や基礎疾患がある人が感染した場合に高いとされている。COVID-19の重症例や死亡例のほとんどが、肺炎から急性呼吸窮迫症候群（ARDS）を併発し、呼吸不全となる。我が国では2021年12月1日時点で新型コロナウイルス感染症と診断されたのは1,722,664人で、人口の約1.4%に相当する。この感染者の70%～80%は軽症であり、約20%が中等症以上として酸素投与が必要となる。このうち重症化する割合は2020年6月以降で約1.6%（50歳代以下で0.3%，60歳代以上で8.5%），死亡する割合は約1.0%で、これより以前と比べて低下している⁵⁾（図1）。

3. 肺炎とは

3-1 細菌性肺炎と非定型性肺炎

肺炎はウイルス、細菌、真菌などの病原体によって起こる急性の肺実質の感染性炎症である。肺炎球菌（*Streptococcus pneumonia*）やインフルエンザ桿菌（*Haemophilus influenza*）などが主要な病原微生物だが、原因微生物は多岐にわたる。

（1）細菌性肺炎（bacterial pneumonia）

細菌性肺炎は細菌感染が原因となる肺炎で、肺炎球菌（*Streptococcus pneumonia*）やインフルエンザ桿菌（*Haemophilus influenza*）などが主要な病原微生物である。成人における細菌性肺炎では肺炎球菌によるものが最多であるが、いわゆる昔からよく見られた肺炎として、ほかにはブドウ球菌、グラム陰性桿菌などが含まれる。治療は抗生物質（ペニシリンやセフェム系抗生物質）が効果的である。

（2）非定型肺炎（atypical pneumonia）

一般的には *Mycoplasma* 属菌、*Chlamydophila* 属菌、*Legionella* 属菌による肺炎を非定型肺炎と呼ぶ。マイコプラズマ肺炎は⁶⁾ *Mycoplasma pneumoniae*、クラミジア肺炎は *Chlamydophila pneumoniae* による。レジオネラ肺炎は細胞内寄



肺炎球菌肺炎

両肺下葉背側には非区域性の consolidation および
その周囲に GGA
(大分大学医学部放射線医学教室)

生菌である *Legionella* の吸入によって肺胞マクロファージ内で増殖することで起きる。治療はマクロライド系抗菌薬が主体である。

3-2 市中肺炎における画像診断の役割

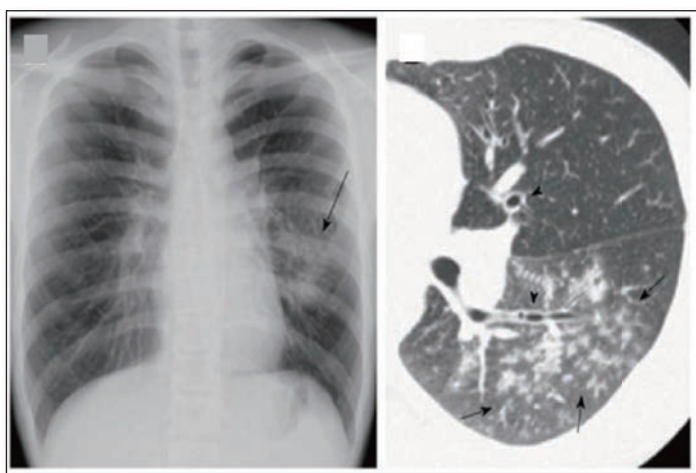
細菌性肺炎と非定型肺炎の鑑別は、2004年に呼吸器学会ガイドラインによって発表された。海外では、これら2つの肺炎は臨床上でも胸部エックス線写真上でもその鑑別が難しいこと、さらにマクロイド薬を第1選択とすればどちらの肺炎でも対処できることから、細菌性肺炎と非定型肺炎の鑑別は一般的には行われていない。しかし日本では肺炎球菌のマクロイド耐性が欧米より高度であることから、これを第1選択として細菌性肺炎にも使用することを避けるため、臨床現場では治療薬選択に際し鑑別が必要となる⁷⁾。一方呼吸器感染症における原因菌同定において最も標準的な手法である培養法は、菌の培養に数日以上かかることから、肺炎診療では多くの症例で原因菌の同定にはいたらずにエンピリック治療、すなわち確定診断を待たずに症状や経過から起炎菌を推測して治療が開始される⁸⁻⁹⁾。

胸部の高分解能 CT 画像は、異常陰影の分布や特徴から、肺炎の診断に必要な多くの情報をもたらす。細菌性肺炎の場合、病因菌が肺胞¹⁰⁻¹¹⁾に達すると菌に対する反応で炎症性浮腫が生じ、肺胞腔内は浸潤液で充満する。CT 画像では、このときの肺胞腔内で集積した炎症性の細胞（好中球）や浸潤液を反映して、肺に白い部分が現れてくる。この白い部分は、上昇した濃度に応じて、すりガラス陰影（GGO: ground-glass opacity）や浸潤影（consolidation）と呼ばれる画像所見を呈する。

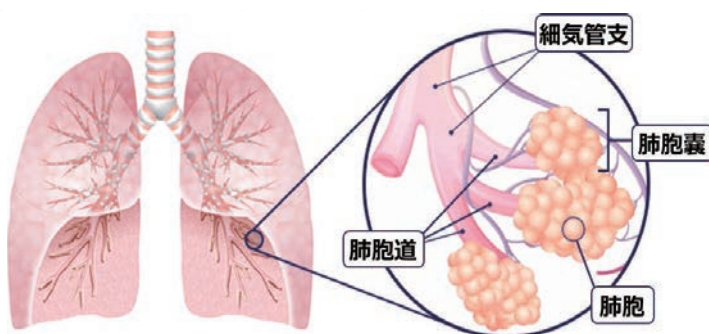
一方非定型肺炎のマイコプラズマ肺炎の場合、原因菌である肺炎マイコプラズマは気道上皮の粘膜表面を遊走するため、末梢気道まで連続的な炎症を引き起こすことで気管支肺炎を発症する。

細菌性肺炎と非定型肺炎との鑑別における CT の有用性については、マイコプラズマ肺炎を除き有用性のエビデンスは限られている。過去の研究では、細菌性肺炎18例、非定型肺炎14例の HRCT 所見を比較検討した報告において、細菌性肺炎では、主として中間層、外側域に分布する区域性の浸潤影が特徴的で、すりガラス影は浸潤影周囲に存在し、単独に存在することは少なかった。一方非定型肺炎においては小葉中心性陰影、二次小葉単位の浸潤影またはすりガラス影、および内側域の病変分布が細菌性肺炎よりも有意に高頻度であったのと報告がある¹²⁾。

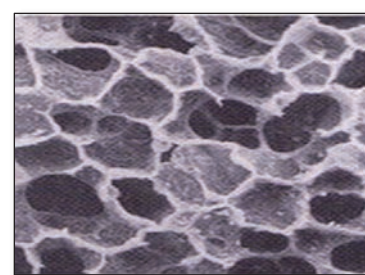
一方クラミジアニューモニエ肺炎24例、マイコプラズマ肺炎30例、肺炎球菌肺炎41例の CT 所見を比較検討した報告では、気管支肺血管束腫大、気管支に沿う結節、小葉中心性結節などの気管支肺炎像は



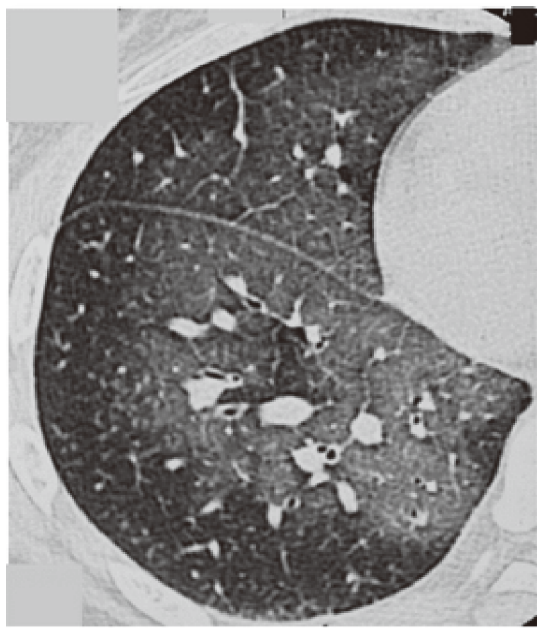
マイコプラズマ肺炎
粒状影（矢印）および気管支壁の肥厚（矢頭）
（資料6）



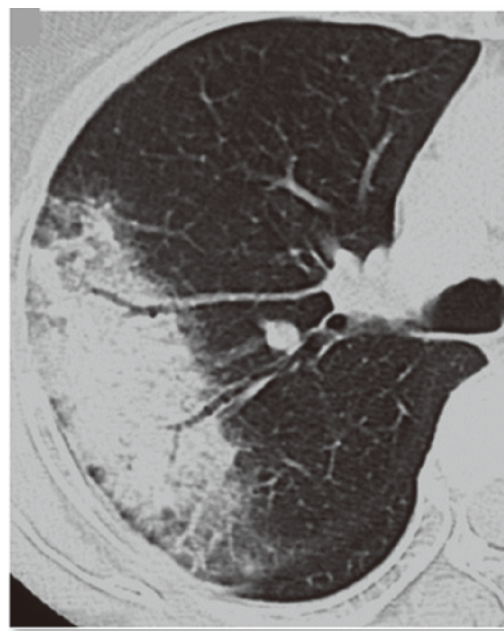
肺の構造（資料10より）



肺泡の走査電子顕微鏡像
（資料11）



すりガラス陰影 (GGO)
Alveolar hemorrhage (SLE)
(大分大学医学部放射線医学教室)



浸潤影 (Consolidation)
Cryptogenic organizing pneumonia (COP)
(大分大学医学部放射線医学教室)

マイコプラズマ肺炎で93%, クラミジアニューモニア肺炎で88%と, 肺炎球菌肺炎の63%に対して有意に高頻度であった。浸潤影はいずれの肺炎においても高頻度であり, 浸潤影が主体である場合は鑑別診断が困難であると報告されている¹³⁾。

しかしながら現在非定型肺炎のCT画像所見に関する報告は増えてきており, 高分解能CTの有用性については病理学的な所見と照らし合わせることで肺炎の病態を深く把握でき, 治療につなげていく可能性は今後さらに高まることが予想される。

3-3 COVID-19のCT所見

コロナウイルスは, 元々は風邪を起こす病原微生物のため, 発症時のCT所見は肺の浸潤陰影を主体とした, 肺胞性肺炎の特徴を有する。図2はクルーズ船ダイヤモンドプリンセス号における新型コロナウイルス感染症104事例のCT所見の結果である¹⁴⁾。肺胞への炎症細胞の浸潤を表す浸潤影(すりガラス陰影を含む)は, 全体の63%, 無症候性患者の54%, 発症患者の79%で確認された。一方気管支病変は, 全体の28%, 無症候性患者の20%, 発症患者の50%で確認されている。浸潤影の内訳については, すりガラス陰影(GGO)のみが無症候性患者の41%, 発症患者の23%で確認された一方, 浸潤影も加わっていたのは無症候性患者の41%, 発症患者の59%だった(図3)。発症患者の約6割に浸潤影が認められる一方で, 無症候患者の約2割にも浸潤影が認められている。また, 症状の有無に関わらず約2割にGGOと合わせて小葉間隔壁の肥厚が認められている。

無症候患者でもCTで所見が確認される例が少なからずあるのは, 新型コロナウイルスの特異的な特徴といえるが, 一方CT所見は時間的な経過によっても変化する。図4は, 新型コロナ患者121名を発症からの日数によって初期(0-2日), 中期(3-5日), 後期(6-12日)と分けた場合のCT所見の違いである¹⁵⁾。COVID-19の発症時(0-2日)には56%が胸部CTで異常所見を認めないが, 発症3-5日では91%で肺の異常所見(GGO, 浸潤影)が出現, さらに発症6-12日では96%の患者で肺の異常所見が出現している。

次に日本呼吸器学会が発表しているCOVID-19に対する胸部CT検査の指針¹⁶⁾による所見の変化を表3に示す。

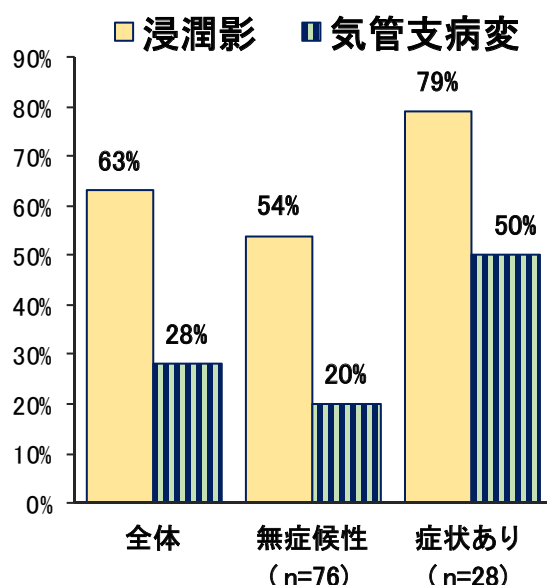


図2. 症状の有無による胸部 CT 画像所見の違い
(文献14より作図)

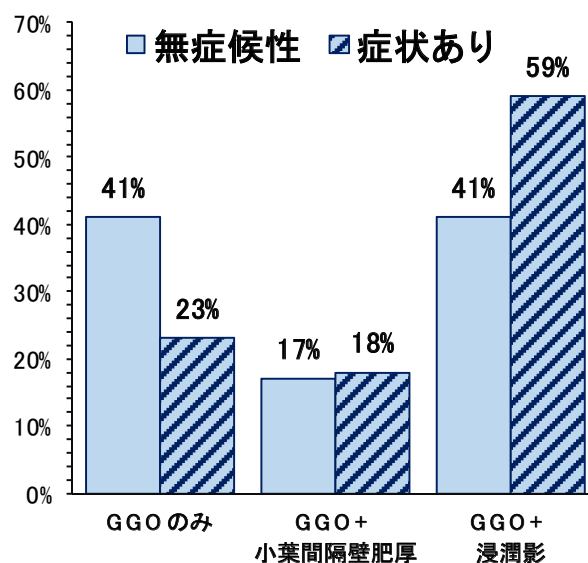


図3. 肺陰影が確認された症例の症状の有無による違い
(文献14より作図)

肺炎症状が進行した場合、病期が進むにつれて浸潤影や気管支壁肥厚が増し、さらに時間経過に伴い炎症性瘢痕である線状影や、GGO内に比較的スムーズな線状影がネットワーク上に重なって認められる Crazy-paving pattern と呼ばれる「不揃いの敷石様構造」が出現する¹⁷⁾。図5は、COVID-19に感染した73歳女性のCT画像である¹⁸⁾。初回のCT検査時にGGOとともに気管支壁肥厚、牽引性気管支拡張が確認されるが、4日後の検査ではGGOが拡大し、さらにCrazy-pavingが出現している。このようにCOVID-19の胸部CT所見については、肺泡性と間質性のいずれの病態でも見られる所見が出現するため、特異的な画像所見はなく、CT所見により鑑別診断を絞り込むことは難しい。

4. COVID-19における画像診断の意義

新型コロナウイルスに罹患すると、咳や痰、喉の痛み、鼻水等の症状がまず参考になり、さらに発熱や頭痛といった全身症状も出るが、症状で初期に見分けるのは難しい。一方でウイルスが体内に入ると

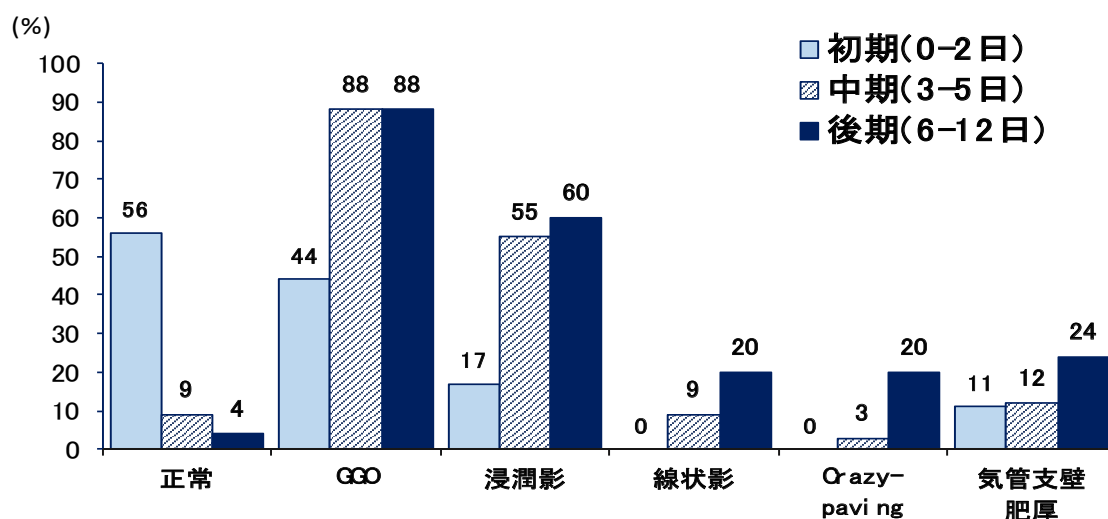


図4. 病期の違いによる肺陰影出現の違い
(文献15より作図)

表3. COVID-19 発症後の日数経過による CT 所見の変化

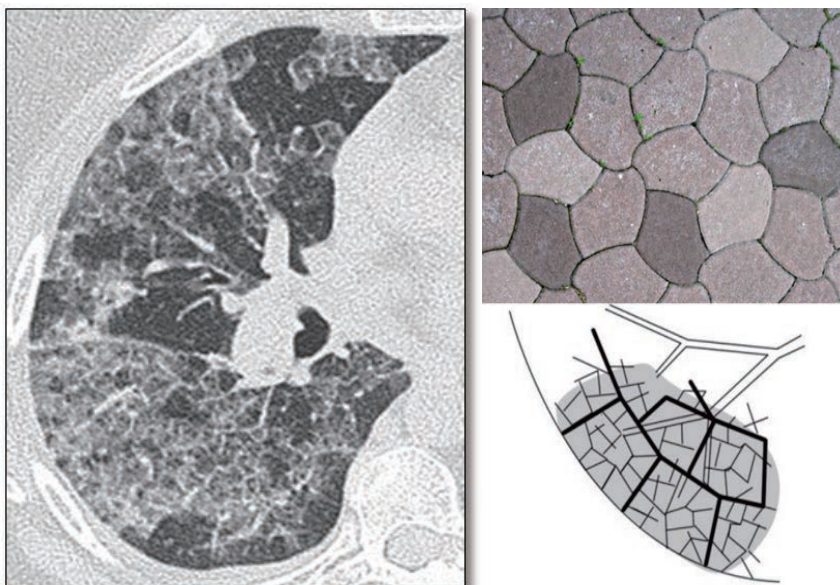
病期	初期症状 発症から	主なCT所見
初期段階	0～4日後	主にGGOが下葉に分布
進行期	5～8日後	急速に悪化し、びまん性GGO、Crazing Paving, Consolidationがびまん性に拡大
ピーク期	9～13日後	侵襲範囲がピークに達し、Consolidationが拡大、びまん性GGO、Crazing Paving
吸収期*	14日以降	感染はコントロールされ、Consolidationは徐々に吸収され、Crazing Pavingは消失

*)治療経過が順調な場合

発症の2, 3日前から発症の8日後くらいまで, 新型コロナウイルスは増殖するため, 周囲にも感染させやすい状態になっている。遺伝子発現解析である RT-PCR 検査は, 現在では感染確認のため広く行われているが, 偽陰性率が高く, 結果は変動しやすい。新型コロナウイルス感染が疑われ, 肺炎の検査のための胸部 CT 検査と PCR 検査の両方を受けた1014人のデータについて分析した調査では, RT-PCR 陽性59% (601/1014), CT 陽性88% (888/1014) であった¹⁹⁾。RT-PCR 陽性を基準にすると, CT 感度は97%となる。なおこの時, 最初に PCR 陰性だった15名の患者が PCR 陽性になるまで平均で5.1日を要したとの報告がある。

COVID-19の発症時(0～2日)には約60%の患者 CT 画像で異常所見を認めなかったことは, 病初期の診断としての胸部 CT が必ずしも有用でないことを示している。一方で発症3～5日では約90%の患者で胸部異常所見が確認されている結果は, 発症後数日で多くの患者が肺炎像を呈し, 軽症感染者であっても PCR 陽性患者の多くが肺炎像を有している事実と一致する。

しかしながら COVID-19における CT 画像診断の有用性について, そもそも病初期の診断で議論することは現実的ではない。新型コロナウイルスは, 殆どは無症状か軽症でも, その一方で重症化する人たちもいる。そしてその重症例や死亡例のほとんどが, 肺炎から急性呼吸窮迫症候群 (ARDS) を併発し, 呼吸不全となる。図6は, 発症からの日数と, 体内のウイルス量との関係を示したものである²⁰⁾。発症前から体内でウイルス (Viral genome) は増殖を続けており, 発症時のウイルス量はすでに相当量となり, その後2-3日でピークを迎えている。そして発症1週間後には, 体内のウイルス量は発症時よりも下がってきているが, 実はここが軽症か中等症かの分かれ道となる。重症化する患者は, 「普通の風邪で



Crazy-paving pattern

肺の小葉間や小葉内の隔壁が炎症等で厚くなったときに, すりガラス陰影との重ね合わせで出現する。crazy は「不規則な模様」, paving は「敷石」を意味するが, 画像から「メロンの皮様」と表現する場合もある。

(文献17)

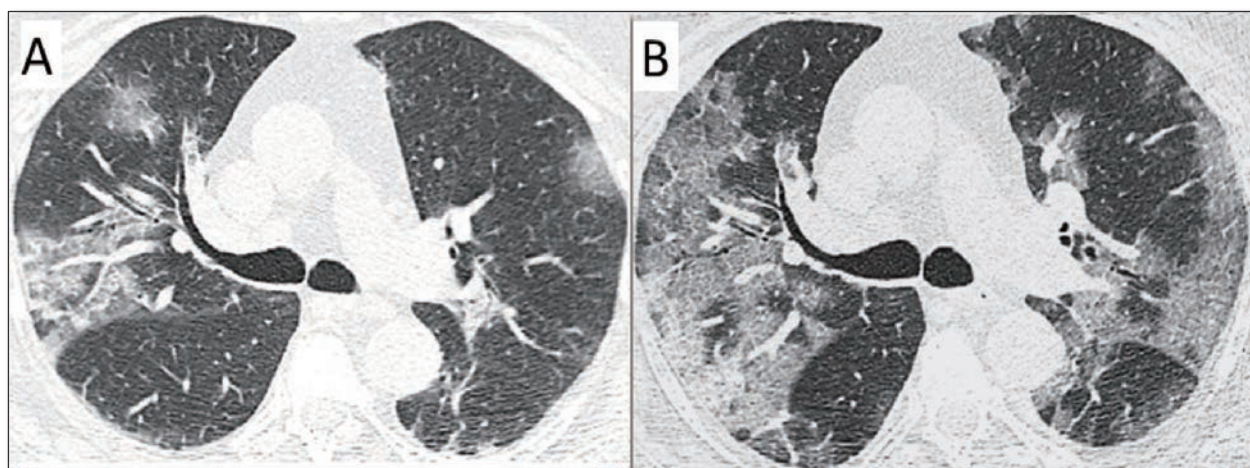


図5. COVID-19 CT (73歳女性)

- A) GGO, 気管支壁肥厚, 牽引性気管支拡張が出現
 B) さらに4日後, Crazy-paving 出現, GGO 拡大 (文献18)

は治りつつある1週間以降」に症状が悪化していくため、この時期に肺炎を起こしているかどうか、あるいは悪化の兆しがあるかどうかをいかに正確に診断していくかが、重症化の可能性がある患者の治療に極めて大切なこととなる。

この時の肺の状態を正確に診断していくために、CTは威力を発揮する。この10年間のヘリカルCTおよび多列検出器型CT (Multi Detector-row CT: MDCT) の普及に伴う診断能の向上には目を見張るものがある。たった一回の呼吸停止下で肺全体を0.5mmでスキャンしていくCT検査は、炎症性変化について極めて高い感度を有している。CT検査は、この優れた検出能力と高い分解能によって、重症化への移行の可能性がある患者を検出し、急性増悪を防ぐために大きな力となることは言うまでもない。

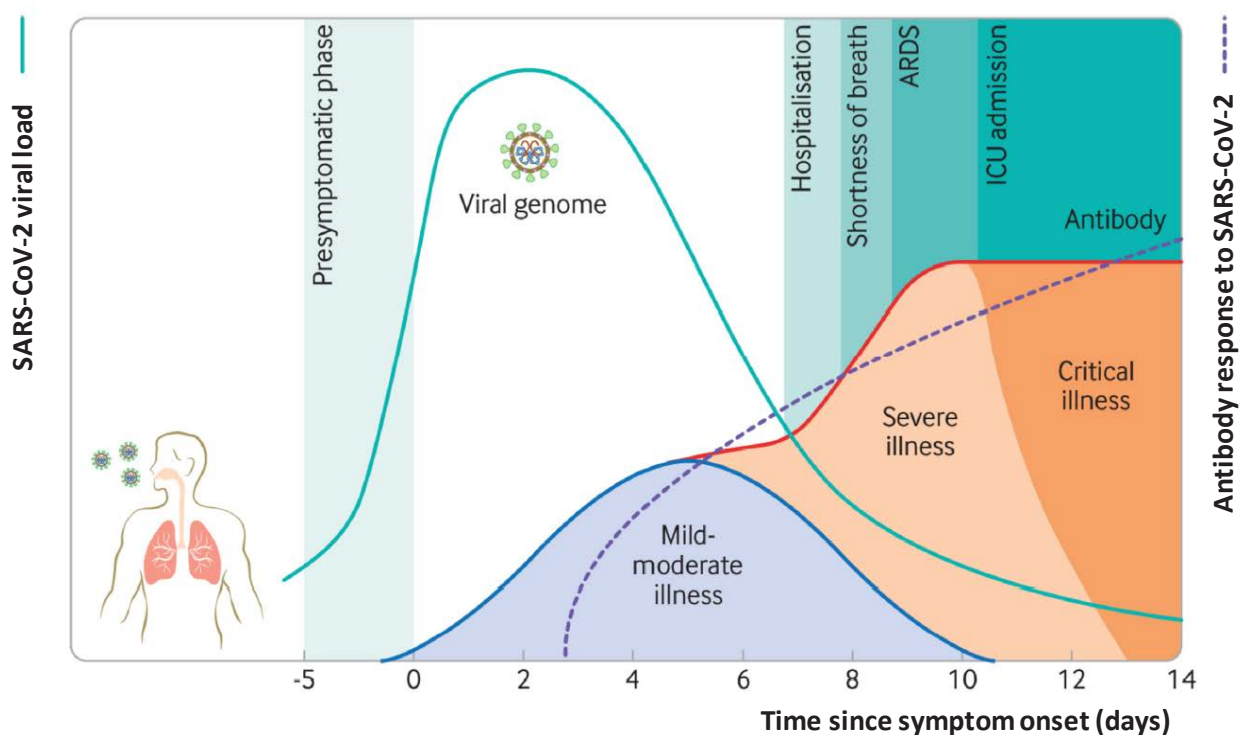


図6. 新型コロナウイルス発症からの日数と、体内のウイルス量との関係 (文献20)

参考文献

- 1) <https://www.mhlw.go.jp/content/10906000/000588330.pdf>
- 2) NIID 国立感染症研究所 HP <https://www.niid.go.jp/niid/ja/diseases/ka/corona-virus/2019-ncov/2502-idsc/iasr-in/10467-496d06.html>
- 3) 厚生労働省検疫所 https://www.forth.go.jp/topics/2021126_00001.html
- 4) Letko M, Marzi A, Munster V. Functional Assessment of Cell Entry and Receptor Usage for SARS-CoV-2 and Other Lineage B Betacoronaviruses, *Nature Microbiology*, **5** (4), 562-569, 2020.
- 5) 厚生労働省 <https://www.mhlw.go.jp/content/000788485.pdf>
- 6) マイコプラズマ肺炎の画像所見 <http://nagano1123.livedoor.blog/archives/20710986.html>
- 7) 石田直. 非定型肺炎の診断—ガイドラインのその後.
- 8) 成人市中肺炎の画像診断ガイドライン 2007年版 日本医学放射線学会および日本放射線科専門医会・医会共同編集
- 9) 日本医学放射線学会および日本放射線科専門医会・医会合同ガイドライン委員会. エビデンスに基づく画像診断ガイドライン2007 (<http://www.radiology.jp/uploads/photos/407.pdf>)
- 10) 「肺の構造・機能」小林製薬 <https://www.seihaito.jp/structure/lung.html>
- 11) Respiratory2012 http://www.arumika.sakura.ne.jp/anat/anat_print/Respiratory2012.pdf
- 12) Tanaka N, Matsumoto T, Kuramitsu T, *et al.* High resolution CT findings in community-acquired pneumonia, *J Comput Assist Tomogr*, **20**, 600-608, 1996.
- 13) Nambu A, Saito A, Araki T, *et al.* Chlamydia pneumoniae : comparison with findings of Mycoplasma pneumoniae and Streptococcus pneumoniae at thin-section CT, *Radiology*, **238**, 330-338, 2006.
- 14) Shohei Inui, Akira Fujikawa, Motoyuki Jitsu, *et al.* Chest CT Findings in Cases from the Cruise Ship Diamond Princess with Coronavirus Disease (COVID-19), *Radiol Cardiothorac Imaging*, **17**;2 (2), e200110, 2020.
- 15) Bernheim A, Mei X, Huang M, *et al.* Chest CT Findings in Coronavirus Disease-19 (COVID-19) : Relationship to Duration of Infection, *Radiology*, **295** (3), 200463, 2020.
- 16) 新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) に対する胸部 CT 検査の指針 (Ver.1.0) 日本放射線科専門医会・医会 2020年4月9日
- 17) American Thoracic Society <https://www.thoracic.org/professionals/clinical-resources/quick-hits/a-ct-finding-no-longer-zebra-specific.php>
- 18) Anita Kovács, Péter Palásti, Dániel Veréb, *et al.* The sensitivity and specificity of chest CT in the diagnosis of COVID-19, *Eur Radiol*, **31** (5), 2819-2824, 2021.
- 19) Tao Ai, Zhenlu Yang, Hongyan Hou, *et al.* Correlation of Chest CT and RT-PCR Testing for Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in China: A Report of 1014 Cases, *Radiology*, **296**, E32-40, 2020.
- 20) Muge Cevik, Krutika Kuppalli, Jason Kindrachuk, *et al.* Virology, transmission, and pathogenesis of SARS-CoV-2, *BMJ*, **371**, m3862 (1-6), 2020