

Intro to Programming Part 3:

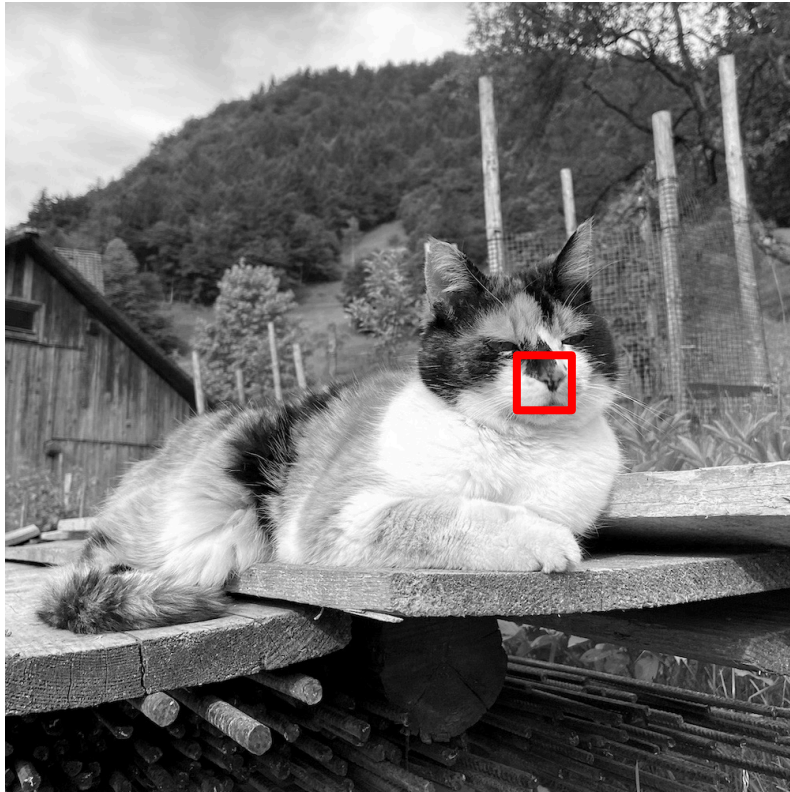
For loops, numpy arrays,
and image analysis

Keisuke Ishihara

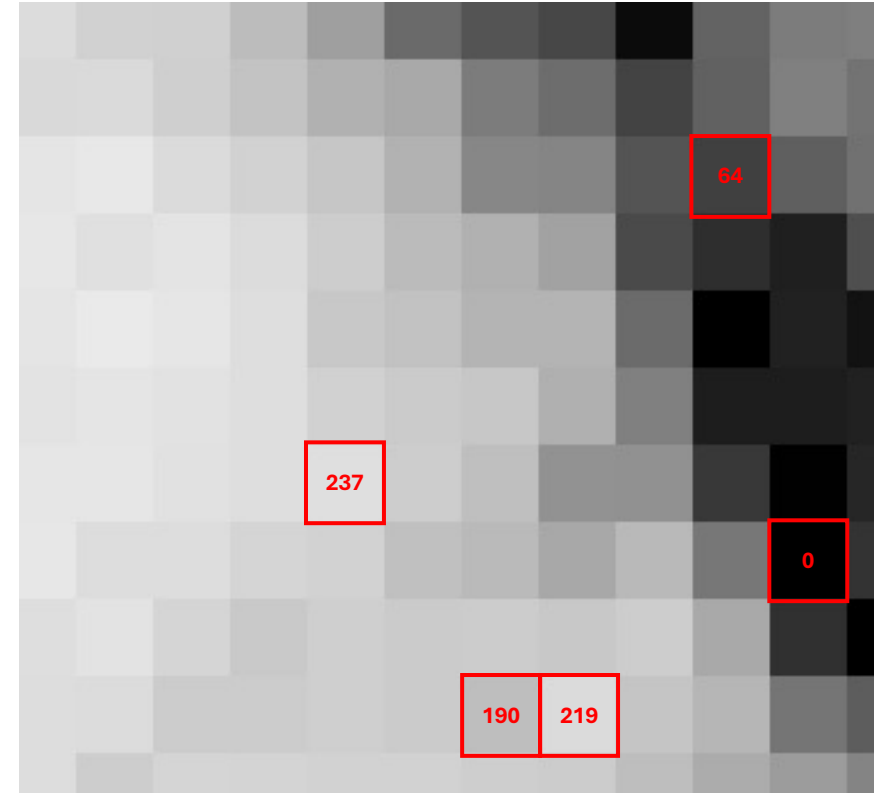
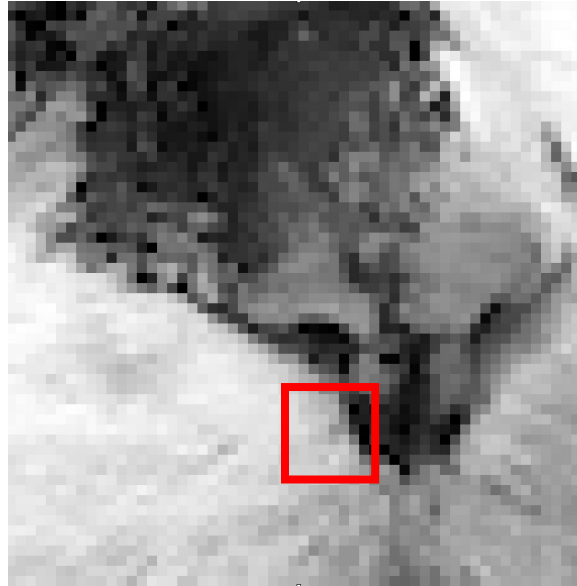


Digital image
of Klea taken on
my phone

A digital image is composed of pixels



gray scale image



 pixel

50x50 pixel
8 bit
gray scale image

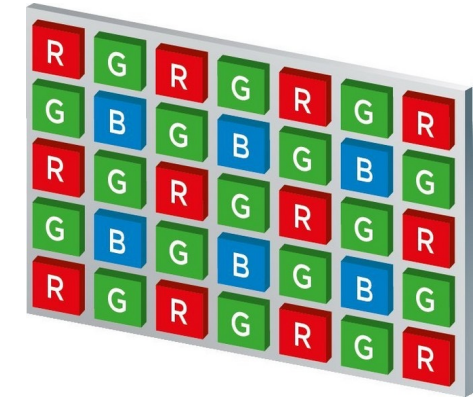
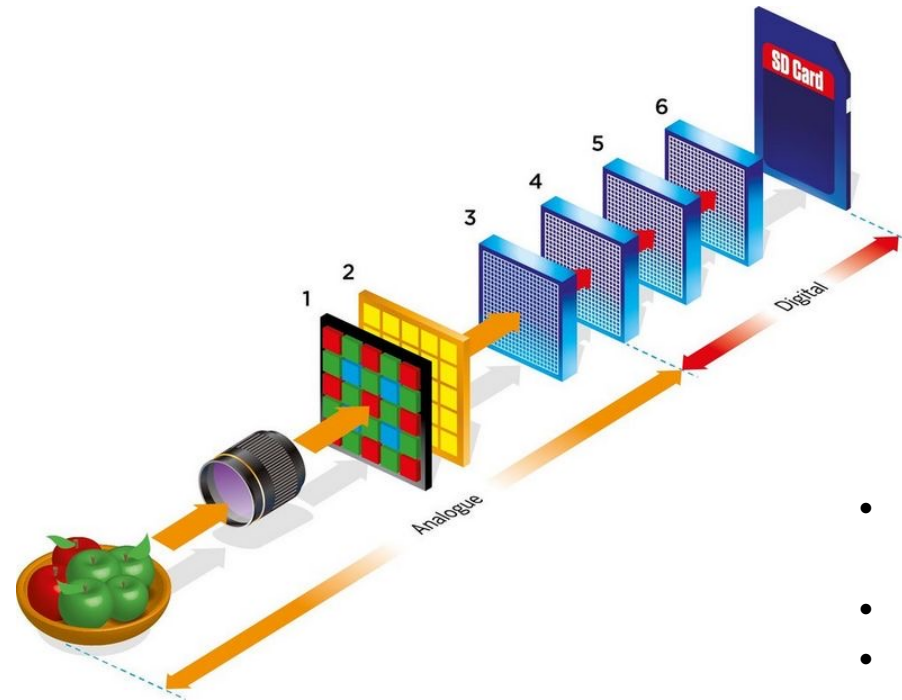


=

8 bit contains
 2^8 possible values:
0-255

202	203	202	185	192	184	184	195	196	199	210	220	185	129	124	111	64	59	69	73	61	78	104	98	85	76	76	84	49	35	35	48	54	64	75	77	77	85	89	101	84	85	100	63	75	117	104	130	112	103	
220	206	205	209	208	192	192	197	200	212	209	172	161	180	174	105	52	70	77	72	8										33	56	60	55	80	96	80	98	108	84	82	90	91	86	49	98	81	82	121	118	
214	195	196	199	193	192	209	216	223	225	196	164	155	130	69	89	96	81	63	76	9									36	44	60	72	69	91	103	105	121	99	85	91	82	90	84	79	90	62	69	148		
228	220	223	210	212	218	229	230	228	231	225	188	138	78	77	101	67	0	26	54	6									37	51	46	70	77	82	115	101	115	131	107	90	89	113	140	134	117	112	100	130		
239	236	229	224	220	219	227	240	244	232	218	187	140	164	167	117	111	111	89	92	82	33	0	111	116	114	123	110	87	53	47	51	61	56	68	78	107	123	125	122	101	79	88	134	133	101	84	126	139	143	
233	232	225	224	224	227	233	242	249	236	211	177	187	210	196	127	123	118	36	111	114	78	114	95	103	100	87	125	112	31	50	51	57	44	68	106	120	139	138	131	118	67	45	112	109	70	78	118	123	143	
235	234	235	233	241	244	244	240	238	238	232	235	246	235	208	167	112	138	167	169	121	74	124	155	173	128	90	143	114	84	103	16	50	66	92	130	140	138	128	115	118	77	40	63	83	69	79	106	116	136	
242	245	248	246	250	245	241	247	248	238	231	236	240	239	233	225	224	219	197	170	109	2	37	132	162	62	118	172	119	97	96	72	76	101	117	117	119	118	124	119	118	91	40	47	57	62	45	65	102	113	
236	242	243	242	242	248	255	252	245	242	243	247	236	241	236	230	234	224	212	180	150	120	98	133	70	0	112	164	153	78	61	118	96	98	116	109	127	124	131	128	124	117	92	62	60	71	50	96	126	114	
231	234	241	238	244	250	249	244	245	248	249	248	243	243	236	219	214	225	230	217	226	228	217	220	197	163	80	114	168	100	77	117	109	126	135	135	124	132	139	139	141	129	134	129	93	81	45	95	104	129	
240	243	248	253	254	249	244	245	245	245	249	253	254	241	235	235	239	245	237	237	229	216	225	230	226	220	190	96	47	40	73	120	138	145	150	132	139	151	152	158	163	141	146	145	104	42	76	134	116	119	
238	244	241	245	251	252	246	240	235	236	242	251	252	250	238	231	223	215	227	238	245	239	238	236	218	215	219	214	147	94	56	55	119	135	133	139	130	99	91	102	129	149	150	147	120	41	68	112	121	129	
243	249	253	243	246	254	255	250	250	254	253	252	246	234	228	226	215	215	236	241	237	235	229	232	231	215	233	227	205	195	155	85	29	66	72	87	55	0	9	4	1	71	133	152	117	34	37	27	91	107	
246	240	240	246	233	234	247	253	253	252	249	248	250	235	232	233	224	218	210	220	232	229	232	230	226	211	224	216	223	214	208	187	128	86	55	46	49	56	30	21	20	8	63	114	93	73	78	49	40	26	
244	246	247	245	250	251	248	247	247	247	247	240	231	228	221	212	206	204	213	230	239	226	216	219	215	218	226	232	226	221	225	213	194	171	133	81	77	65	49	36	42	42	36	75	84	88	74	35	23	30	
252	254	250	249	247	246	242	240	247	248	236	233	237	233	232	217	212	210	207	199	206	198	191	209	216	219	226	242	239	240	233	221	221	210	182	150	148	99	26	55	57	4	64	130	109	6	4	40	13	38	
247	240	237	239	235	237	237	231	231	235	234	235	236	228	227	224	214	202	195	184	189	206	211	210	214	230	234	238	238	236	231	227	227	220	209	208	188	159	106	84	71	11	99	124	127	87	70	57	5	55	
239	235	238	230	228	232	239	244	249	245	232	231	212	223	241	235	224	219	199	194	199	201	205	221	221	224	234	232	237	239	236	230	221	217	218	207	195	177	169	124	109	67	97	128	115	108	85	38	16	31	
238	237	231	236	247	248	244	242	241	234	229	230	227	231	227	221	205	196	201	207	209	218	222	231	237	239	239	243	243	235	228	229	232	219	210	198	178	135	133	84	64	95	113	95	58	20	24	42			
241	9	237	245	243	240	246	251	248	239	244	235	221	233	228	226	215	222	233	225	222	233	224	231	233	245	237	239	243	243	235	228	229	232	219	210	198	178	135	133	84	64	95	113	95	58	20	24	42		
250	7	246	248	248	246	246	248	248	245	242	251	254	252	245	234	222	235	244	239	223	225	226	227	228	228	235	237	236	235	231	229	234	230	222	200	194	180	180	107	0	33	18	31	39	14	27	45			
241	3	254	251	244	241	247	250	247	251	251	251	246	243	248	240	232	237	239	239	234	239	235	230	225	229	230	229	229	230	228	227	229	226	222	209	203	199	176	128	29	29	33	44	23	16	20	39			
245	7	245	245	246	248	249	248	245	244	245	245	243	243	241	249	245	248	241												25	232	228	227	230	230	225	222	223	205	191	146	145	56	1	38	39	18	3	38	43
248	9	248	240	237	240	238	236	241	234	224	235	236	231	238	236	229	230													17	207	215	227	231	221	221	213	210	192	186	168	185	119	0	51	45	36	22	35	54
250	5	231	230	232	232	231	230	230	231	231	226	226	225	225	229	225	222													81	199	231	225	222	227	213	201	207	203	204	200	205	169	48	0	1	37	32	45	61
243	9	231	236	236	227	222	227	234	235	234	231	224	224	222	217	223	229													22	236	229	225	221	220	204	204	207	203	190	219	197	182	117	93	76	0	41	75	78
238	9	236	229	226	227	227	232	243	240	225	228	230	226	216	209	225	213													33	219	206	216	221	205	213	212	210	210	206	204	190	172	156	132	157	128	8	84	122
214	4	236	236	234	232	226	223	227	227	218	217	226	224	225	233	231	216	220	220	227	222	212	219	227	227	235	238	224	211	216	220	210	198	207	205	204	206	198	200	182	170	181	136	136	135	81	113	123		
235	9	236	238	239	233	232	232	228	224	226	237	230	213	219	230	227	224	233	243	236	222	219	224	229	231	223	228	227	222	221	217	219	212	197	199	186	182	168	176	184	169	152	122	134	127	139	138			
233	233	237	240	242	247	242	231	229	234	234	235	220	226	224	221	223	218	222	238	232	215	220	230	229	234	232	226	232	221	225	224	218	225	220	203	206	182	177	159	157	169	175	159	161	176	125	144	164	140	
242	240	241	240	238	231	224	225	230	233	233	228	228	221	218	223	226	230	235	233	231	235	229	231	234	228	232	232	229	220	216	210	203	196	181	198	181	178	181	174	179	150	169	161	171	175	130	146	159	139	
244	240	235	232	233	227	226	231	228	225	233	234	232	228	221	219	225	230	227	232	225	218	222	227	219	223	227	220	205	216	205	195	194	198	185	179	158	180	181	198	173	157	186	172	163	166	132	128	137		

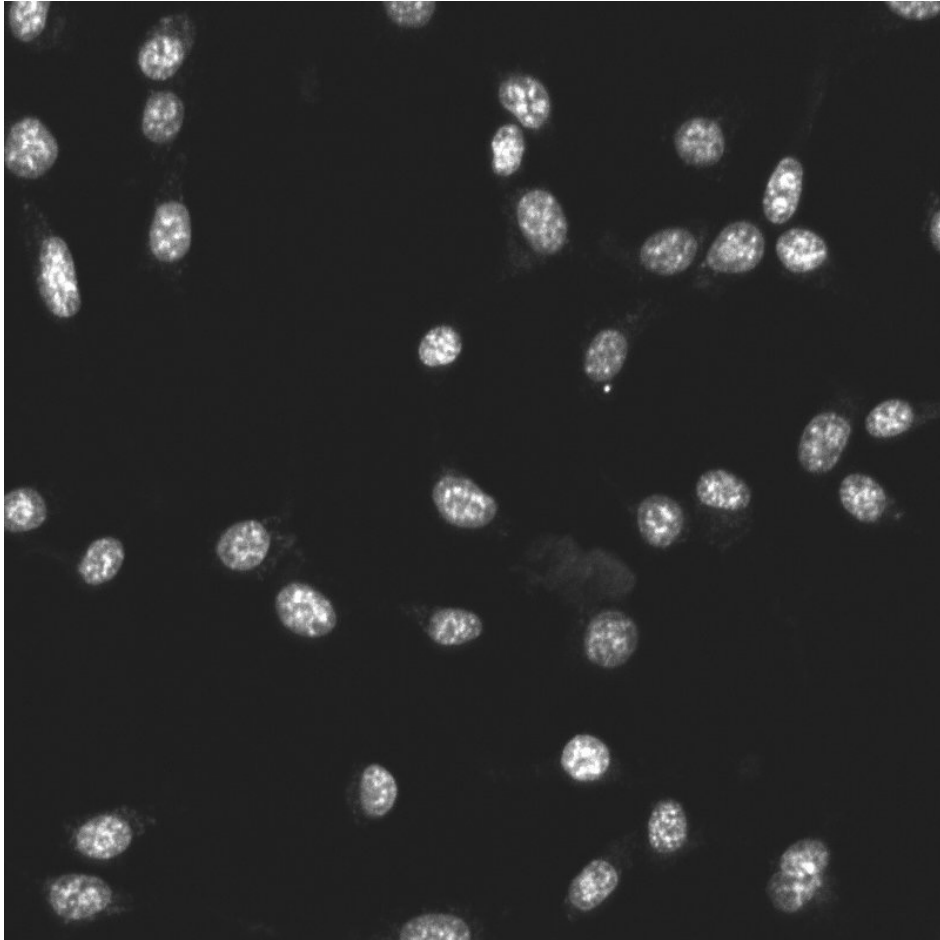
How do digital cameras work?



- Red/Green/Blue color-aware sensor array converts photons to electric signals
- Analog signals are digitized.
- Information is stored as image files.

Today, practically all research microscopes are controlled by a computer!

Let's use Python to interact with digital images!



Today's goal:

Write a program that

1. counts cells
2. measures nuclear area